บทคัดย่อภาษาไทย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการจำลองการตรวจกับระเบิดด้วยเทคนิคทางนิวเคลียร์โดยโปรแกรมมอนติคาร์โล เทคนิคทางนิวเคลียร์ที่ใช้ประกอบด้วยเทคนิคการกระเจิงกลับของนิวตรอนอุณหภาพ เทคนิคการกระเจิงกลับของนิวตรอนพลังงานต่ำและเทคนิคการวิเคราะห์ด้วยนิวตรอนอุณหภาพ ส่วนประกอบหลักของชุดหัววัดที่ใช้ในการจำลองคือแหล่งกำเนิดนิวตรอนและหัววัดนิวตรอน โดยแหล่งกำเนิดนิวตรอนที่ใช้คือไอโซโทปรังสีคาลิฟอร์เนียม-252 และอะเมอร์ริเซียม-241/เบอร์ริลเลียม-9 และหัววัดนิวตรอนที่ใช้คือหัววัด ฮีเลียม-3 และโบรอนไตรฟลูออไรด์ กับระเบิดที่ใช้ในการจำลองคือกับระเบิดจำลองซึ่งประกอบด้วยทีเอ็นทีมวล 249 กรัมโดยฝังไว้ใต้ชั้นดิน 3 ชนิดคือ ดินทราย ดินปูนและดินเหนียว นอกจากการฝังกับระเบิดไว้ใต้ชั้นดินแล้วยังได้ฝังวัสดุอื่นๆ ซึ่งอาจมีปะปนอยู่ใต้ชั้นดิน เช่นโพลีเอทิลีน รากไม้ หินแกรนิตและคอนกรีต เพื่อเปรียบเทียบค่าฟลักซ์นิวตรอนที่กระเจิงกลับจากกับระเบิดและจากวัสดุดังกล่าว นอกจากนี้ยังได้ทำการจำลองผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงของความชื้นในดินและมวลของกับระเบิดต่อต่อประสิทธิภาพของการตรวจกับระเบิด

ผลลัพธ์จากการจำลองด้วยเทคนิคการกระเจิงกลับของนิวตรอนอุณหภาพพบว่า คาลิฟอร์เนียม-252 เป็นแหล่งกำเนิดนิวตรอนที่มีประสิทธิภาพในการก่อให้เกิดฟลักซ์นิวตรอนอุณหภาพใต้ชั้นดินสูงกว่าอะเมอร์ริเซียม-241/เบอร์ริลเลียม-9 ประมาณ 1.3 และ 2.9 เท่า เมื่อใช้ ฮีเลียม-3 และโบรอนไตรฟลูออไรด์ เป็นหัววัดนิวตรอนตามลำดับ หัววัดนิวตรอน BF_3 มีประสิทธิภาพในการวัดฟลักซ์นิวตรอนอุณหภาพที่กระเจิงกลับจากกับระเบิดสูงกว่าหัววัด ^{3}He ประมาณ 70 และ 110 เท่า เมื่อใช้ ^{252}Cf และ ^{241}Am-^{9}Be เป็นแหล่งกำเนิดนิวตรอนตามลำดับ เมื่อประกอบแหล่งกำเนิดนิวตรอนและหัววัดนิวตรอนเป็นชุดหัววัด 4 ชนิด พบว่าชุดหัววัด ^{252}Cf/ BF_3 และ ^{241}Am-^{9}Be/ BF_3 มีประสิทธิ-ภาพในการวัดฟลักซ์นิวตรอนที่กระเจิงกลับสูงเป็นอันดับ 1 และ 2 ตามลำดับ แอมพลิจูดของค่าพารามิเตอร์แบ่งแยกสำหรับชุดหัววัดทั้ง 2 แตกต่างกันประมาณ 20% ชุดหัววัด ^{241}Am-^{9}Be/ BF_3 มีขีดความสามารถสูงสุดในการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างฟลักซ์นิวตรอนที่กระเจิงกลับจากกับระเบิดและวัสดุอื่นๆ โดยอัตราส่วนของค่าฟลักซ์นิวตรอนที่กระเจิงกลับจากโพลีเอทิลีนเทียบกับค่าจากกับระเบิด และค่าจากกับระเบิดเทียบกับค่าจากวัสดุอื่นๆ มีค่าเป็น 20 และ300 ตามลำดับ ถ้าใช้ค่าพารามิเตอร์แบ่งแยก S เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าฟลักซ์นิวตรอนที่กระเจิงกลับจากโพลีเอทิลีนเทียบกับกับระเบิด พบว่าอัตราส่วนของแอมพลิจูดของค่า S มีค่าเป็น 3 ในขณะที่ค่าอัตราส่วนดังกล่าวสำหรับกรณีที่เกิดจากกับระเบิดเทียบกับวัสดุอื่นๆ มีค่าเป็น 8

ผลลัพธ์จากการจำลองด้วยเทคนิคการกระเจิงกลับด้วยนิวตรอนพลังงานต่ำพบว่าช่วงพลังงานที่เหมาะสมสำหรับการตรวจกับระเบิดคือ 0-12.7 keV ในการวิเคราะห์ขีดความสามารถด้าน

ความลึกของการตรวจกับระเบิดพบว่า ชุดหัววัด ^{241}Am-^{9}Be/ BF_3 สามารถตรวจกับระเบิดขนาด 249 g ที่ฝังใต้ดินทราย ดินปูนและดินเหนียวได้ลึก 20 cm โดยฟลักซ์นิวตรอนที่กระเจิงกลับจากกับระเบิดที่ฝังใต้ดินปูนมีค่าสูงสุดซึ่งสูงกว่าค่าในดินทรายและดินเหนียวประมาณ 1.5 เท่า ในการตรวจกับระเบิดที่ฝังใต้ดินทรายที่มีความชื้น 5% โดยมวลด้วยชุดหัววัด ^{241}Am-^{9}Be/ BF_3 พบว่าฟลักซ์นิวตรอนที่กระเจิงกลับมีค่าสูงกว่าค่าในดินแห้งถึง 180% ซึ่งทำให้มีผลกระทบต่อขีดความสามารถของการตรวจกับระเบิด ผลกระทบดังกล่าวถูกจำลองโดยใช้ชุดหัววัด^{252}Cf/ BF_3 และ ^{241}Am-^{9}Be/ BF_3 ทำการตรวจกับระเบิดที่ฝังใต้ดินทรายแห้งและชื้น ผลการจำลองพบว่าแอมพลิจูดของค่าพารามิเตอร์แบ่งแยกมีค่าเป็น 23.0 และ 6.0 ตามลำดับ แต่ถ้ามีน้ำในดิน 5% ขึ้นไปแอมพลิจูดดังกล่าวของชุดหัววัดทั้ง 2 จะลดลงเป็น 5.0 และ 0.6 ตามลำดับ ในการจำลองถึงผลกระทบของการแปรผันมวลของกับระเบิดต่อการตรวจกับระเบิด พบว่า เมื่อมวลของกับระเบิดเพิ่มขึ้นจาก 249-3,100 g ฟลักซ์นิวตรอนที่กระเจิงกลับจากกับระเบิดลดลงประมาณ 5 และ18% สำหรับเทคนิค TNB และ LNB ตามลำดับ ในการจำลองหาค่าปริมาณรับรังสีที่ได้รับโดยผู้ปฏิบัติงาน พบว่าถ้าใช้ ^{252}Cf ซึ่งมีค่ากัมมันตภาพ 10^8 n/s เป็นแหล่งกำเนิดนิวตรอน ปริมาณรับรังสีรวมที่ได้รับโดยผู้ปฏิบัติงานตรวจกับระเบิดเมื่อทำงานปีละ 48 สัปดาห์ๆ ละ 5 วันๆ ละ 8 ชั่วโมงมีค่าเป็น 6.61 mSv/y ในกรณีที่ใช้ ^{241}Am-^{9}Be เป็นแหล่งกำเนิดนิวตรอนซึ่งมีค่ากัมมันตภาพและช่วงเวลาของทำงานเท่ากัน ปริมาณรับรังสีรวมจะมีค่าเป็น 5.09 mSv/y

ผลลัพธ์จากการจำลองด้วยเทคนิค TNA แบบอุดมคติโดยอาศัย F-4 tally พบว่าในการตรวจกับระเบิดขนาด 249 g ที่ฝังในดินทรายแห้งลึก 5 cm มีรังสีแกมมาจากอันตรกิริยานิวเคลียร์แบบ (n, γ) และ (n, n′ γ) ระหว่างนิวตรอนและองค์ประกอบทางเคมีของกับระเบิดและดินทรายเกิดขึ้นในสเปกตรัมของรังสีแกมมาครบถ้วน เมื่อชั้นดินทรายมีความชื้น 5% โดยมวลพบว่ามีรังสีแกมมาจากอันตรกิริยาแบบ (n, γ) เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เพราะเกิดนิวตรอนอุณหภาพเนื่องจาก H ซึ่งเป็นนิวเคลียสองค์ประกอบของน้ำมากขึ้น

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

Abstract

In this research, three nuclear techniques are used to simulate the landmine detection by using Mote Carlo program. The nuclear techniques used are Thermal Neutron Back-scattering (TNB), Low-energy Neutron Back-scattering (LNB) and Thermal Neutron Analysis (TNA). Components of the simulation model are a set of neutron detector head, a dummy landmine and soil formation. The set of detector head consists of a neutron source and a neutron detector, in which, ^{252}Cf or ^{241}Am-^{9}Be and ^{3}He or BF_3 are used as its neutron sources and neutron detectors, respectively. The landmine used in the simulation is the dummy landmine which contains TNT of 249 g burying under three types of soil formations, namely, sand, lime stone and clay. To compare the neutron back-scattering fluxes due to landmine and other materials, the high density polyethylene, wood, granite and concrete are also buried under soil formations at the landmine position for inspection. The effects of soil humidity and landmine mass variations are also simulated in this research to study their impact on the landmine detection efficiency.

The simulation results of the TNB technique show that ^{252}Cf has higher efficiency in thermal-neutron production under soil formations than ^{241}Am-^{9}Be about 1.3 and 2.9 times, when ^{3}He and BF_3 are used as the neutron detectors, respectively. BF_3 has higher detection efficiency of thermal-neutron back-scattering fluxes than ^{3}He about 70 and 110 times, when ^{252}Cf and ^{241}Am-^{9}Be are used as the neutron sources, respectively. It is found that, when the neutron sources and neutron detectors are put together as four sets of detector heads for landmine detection, the sets of ^{252}Cf/ BF_3 and ^{241}Am-^{9}Be/ BF_3 have the highest and second highest efficiency in measuring neutron back-scattering fluxes, respectively. The amplitudes of the separation parameters due to using these two sets of detector heads are about 20% different. The set of ^{241}Am-^{9}Be/ BF_3 detector head show the highest capability in analyzing the differences between back-scattering neutron fluxes due to landmine and other materials. By using this detector-head, the ratios of neutron back-scattering fluxes resulting from polyethylene relative to that from landmine, and from landmine relative to that from other materials are 20 and 300, respectively. It was found that if using the separation parameter to analyze the difference between the neutron back-scattering fluxes, the ratios of its amplitudes due to the detections of polyethylene relative to landmine is about 3, while that due to the detections of landmine relative to other materials, is about 8.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

The simulation results of the TNB technique show that the appropriate energy range of the neutrons back-scattering flux for landmine detection is 0-12.7 keV. It is found that the ^{241}Am-^{9}Be/ BF_3 detector head can detect the landmine up to about 20 - cm depth. The neutron back-scattering flux from the landmine is the highest when the landmine is buried under lime stone. This flux value is higher than those resulting from the landmine buried under sand and clay about 1.5 times. By using the ^{241}Am-^{9}Be/ BF_3 detector head to detect the landmine buried under sand with moisture content of 5% mass, the neutron back-scattering flux increases by about 180%, deteriorating the landmine detection capability. The deterioration effect was simulated by using the ^{252}Cf/ BF_3 and ^{241}Am-^{9}Be/ BF_3 detector heads to detect the landmine buried under dry and wet sands. The amplitudes of the separation parameters resulting from the detections of landmine buried under dry sand for these two detector heads are 23.0 and 6.0 $(\#/cm^2\text{-}s)^{-1/2}$, respectively. The corresponding amplitudes of the separation parameters from these two detector heads for the case of wet sand with 5% moisture, reduced to 5.0 and 0.6 $(\#/cm^2\text{-}s)^{-1/2}$, respectively. In the simulation of the impact of the landmine's mass variation on the landmine detection, we found that when landmine's mass increase from 249-3, 100 g , the neutron back-scattering fluxes decrease by 5 and 18% for TNB and LNB techniques, respectively. In the simulation of the radiation dose received by the operator, we found that if using ^{252}Cf with 10^8 n/s activity as the neutron source the total radiation dose received by the operator who works for 48 weeks/y, 5 days/week and 8 hours/day is about 6.61 mSv/y. The corresponding dose due to using ^{241}Am-^{9}Be with the same source strength and time duration is about 5.09 mSv/y.

The simulation results of the TNA technique show that all respective gamma rays due to the (n, γ) and (n, n'γ) nuclear interactions between neutrons and the chemical compositions of landmine and sand formation appear in the gamma ray spectra. When sand formation has 5% moisture, the resulting gamma rays due to the (n, γ) nuclear interactions increased. This increase indicates that more thermal neutrons are produced under sand formation due to the presence of H from water content.