مجله سیاست دفاعی
سال نوزدهم، شماره ۷۵، تابستان ۱۳۹۰

تهدیدهای فناورانه‌ی رژیم راستی‌آزمایی معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای برای جمهوری اسلامی ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۰/۰۲/۱٤
تاریخ تأیید مقاله: ۱۳۹۰/۰۳/۲۳
صفحات مقاله: ۱۹۱ – ۱٦۱

محمد سبزیان [۱]

چکیده:

یکی از چالش‌های اساسی رژیم راستی‌آزمایی معاهدات کنترل تسلیحات کشتار جمعی، نقایص و معایب فنی موجود در سامانه‌های پایش آن معاهدات است. شناخت تهدیدها و فرصت‌های فناورانه‌ی معاهده‌ی سی‌تی‌بی‌تی[۲]، مستلزم تشخیص توانمندی (نقاط قوت) و چالش‌های عملکردی (نقاط ضعف) رژیم راستی‌آزمایی آن معاهده است. چالش‌های فناورانه‌ی معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای، دارای اهمیت فراوانی از دیدگاه سیاسی و امنیتی است. این چالش‌ها که عمدتاً در بررسی‌های علمی و فنی ظاهر می‌گردد، توان راستی‌آزمایی معاهده را به چالش می‌کشد. این مقاله به بررسی بخشی از چالش‌هایی که از دیدگاه فناورانه با اهمیت بوده، پرداخته است. علاوه براین در یک مطالعه‌ی موردی به میزان نقش‌آفرینی و چالش‌های پیش روی رژیم راستی‌آزمایی معاهده در صحنه‌ی عمل می‌پردازد. مطالعه‌ی این چالش‌ها مبنای خوبی برای تصمیم‌گیری در مورد میزان تأثیر رژیم راستی‌آزمایی معاهده است؛ زیرا در صورت وجود ضعف و چالش در این رژیم، تعهدات نابرابر و ناهمگون باعث ایجاد تهدیدهای امنیتی و سیاسی خواهد شد.

* * * * *

واژگان کلیدی

رژیم راستی‌آزمایی، تهدیدهای امنیتی، معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای، بازرسی از محل، مخفی‌سازی.

۱- کارشناس ارشد دیپلماسی دفاعی دانشگاه مالک اشتر.

2- Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty (CTBT).

مقدمه

رژیم راستی‌آزمایی معاهده‌ی منع جامع آزمایش‌های هسته‌ای (سی‌تی‌بی‌تی) متکی بر چهار فناوری اصلی است، که عبارتند از: رادیونوکلاید، لرزه‌ای، فروصدا، و هیدروآکوستیک. در تمامی این فناوری‌ها، مبنای کشف آزمایش هسته‌ای و مکان‌نمایی آن، دریافت علامت توسط حسگرهای مناسب و پردازش و تفسیر نتایج آنها است. تفسیر کامل محدودیت‌های پایش بایستی با در نظر گرفتن امکان تلاش در جهت مخفی‌سازی و پنهان‌کاری صورت پذیرد. این روش‌ها مانند پوشاندن سیگنال‌های انفجار هسته‌ای با انفجار وسیله‌ی درون یک حفره از پیش تهیه شده یا مخفی ساختن سیگنال لرزه‌ای با انجام هم‌زمان انفجار با یک زمین‌لرزه بزرگ انفجار معدنی یا ریزش معدن هستند. بیش از ۵۰ سال تحقیقات توان به‌کارگیری انواع مختلف موج را در محیط‌های گوناگون برای کاربردهای پایشی، نشان داده است. پیشرفت قابل توجهی که به‌دست آمده است مبنای فنی مناسبی را برای تداوم مذاکرات معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای فراهم نموده است (NAS, 2002).

از موارد ثبت شده از مذاکرات معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای پیداست که توانایی پایش آزمایش چند کیلو تن مخفی شده در نواحی انتخاب شده از جهان، هدف پایشی ایالت متحده است. چالش اولیه‌ی فنی معاهده به این حقیقت بر می‌گردد که آزمایش‌های بسیار کوچک نیز محدود شده‌اند. یعنی سامانه باید توانایی آشکارسازی این آزمایش‌ها را که نیازمند دقت بالایی است، داشته باشد. در این نوع تنظیمات کاهش سطح آستانه برای اهداف پایشی چندین استلزام مهم برای عملکرد سامانه‌ی پایش دارد. تعداد کل حوادث آشکار شده به شدت افزایش می‌یابد، تعداد ایستگاه‌های در شبکه‌ی ثابت با توان آشکارسازی یک حادثه‌ی خاص کاهش می‌یابد و فاصله‌هایی که می‌تواند در آنها آشکارسازی صورت پذیرد کاهش می‌یابد (Kristensen, 2009: 6).

بر اساس این عوامل آشکارساز، مکان‌نمایی و تشخیص حوادث کوچک توسط ارزیابی ترکیبی سامانه‌ی پایش و امکانات فنی ملی با به‌کارگیری تحلیل سیگنال‌های ثبت شده در فاصله‌ای که در آن‌جا انتشار سیگنال اغلب پیچیده است و به صورت منطقه‌ای تغییر می‌یابد، صورت می‌یابد. حتی با وجود تعداد کم ایستگاه گزارش‌دهنده، هر سامانه‌ی پایشی نیازمند تأمین مکان‌نمایی با اطمینان بالا با دقتی کمتر از ۱۰۰۰ کیلومتر مربع برای حوادث روی خشکی است. این امر نیازمندی

عملی به بازرسی از محل را نشان می‌دهد (Hafemister,2002). بررسی راه‌های فرار از آشکارسازی توسط رژیم راستی‌آزمایی معاهده و توانایی این رژیم در تفکیک حوادث طبیعی از انفجار هسته‌ای را می‌توان نکات اصلی در شناسایی چالش‌ها عملکردی این رژیم دانست. بررسی این موضوعات ونتایج حاصل از آن به درک صحیح و مناسب از توان راستی‌آزمایی مؤثر معاهده کمک خواهدکرد. با توجه به اهمیت این معاهده و تعهدات جمهوری اسلامی در قبال آن، این پژوهش به شکل‌گیری ارزیابی جامعی از تهدیدهای امنیتی و سیاسی این معاهده خواهد انجامید.

چالش‌های رژیم راستی‌آزمایی معاهده

در بررسی‌های مختلفی که از توانمندی رژیم راستی‌آزمایی معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای به عمل آمده است، چالش‌های عملکردی نیز یافت می‌شود. این چالش‌ها دامنه‌ی وسیعی از راه‌های مخفی‌سازی انفجار از دید سامانه‌ای خود تا پیچیدگی و فراوانی منابع تولید علامت مشابه انفجار در طبیعت را شامل می‌گردد. این چالش‌ها در نتایج حاصل از تحلیل داده‌های به دست‌آمده در ایستگاه‌های پایش مشهود است. علاوه بر این محاسبات و اندازه‌گیری‌هایی توسط متخصصان کشورهای مختلف نیز در مورد کارایی این رژیم در عرصه‌های مختلف انجام‌شده است. مخالفان معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای از جمله مسئولین دولت بوش پدر، پذیرفتند که پایش مناطق مهم و حساس راهبردی به منظور آشکارسازی و بازدارندگی از تخلف از معاهده توسط ایستگاه‌های پایش برای ایالات متحده و کشورهای عضو مفید خواهد بود. مناطق حساسی مانند چین و روسیه وجود دارند که در حال حاضر امکان دسترسی ایالات متحده برای پایش آنها وجود ندارد. همان‌طور که در مطالعه‌ی انجام شده توسط آکادمی ملی علوم آمریکا آمده است، توانایی آشکارسازی و تشخیص انفجارهای هسته‌ای در سراسر جهان توسط سامانه‌ی بین‌المللی پایش به شکل قابل توجهی بهتر از یک کیلو تن است. البته اگر روش‌های گریز و مخفی‌سازی به کار نروند. مطابق با آن‌چه «داریل کیمبال»[1] مدیر اجرایی انجمن کنترل تسلیحات آمریکا بیان کرد، اگر امکانات فنی ملی و

1- Daryl Kimbal

شبکه‌های لرزه‌نگاری شهری به علاوه بازرسی از محل در شناسایی انفجار به کار رونـد، هـیچ متقلب احتمالی نمی‌تواند به صورت محرمانه آزمایش انفجاری سلاح هسته‌ای را زیرزمین، زیر آب یا در اتمسفر بدون خطر بالای آشکار شدن انجام دهد. علاوه بر ایـن، انجـام یـک انفجـار هسته‌ای با روش مخفی‌سازی تلاش‌های جمع‌آوری دانـش فنـی علمـی در مـورد آزمـایش را پیچیده‌تر خواهد کرد، زیرا آزمایش بیشتر با هدف مخفی‌سازی بنا شـده اسـت نـه داده‌بـرداری (Kimball, 2006).

سناریوهای مخفی‌سازی (گریزگاه‌ها)

گزارش آکادمی ملی علوم آمریکا در سال ۲۰۰۲ در مورد موضوعات فنی مرتبط با معاهـده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای و روش‌های ممکن زیادی را که یـک بـازیگر مـی‌توانـد از آنهـا بـرای مخفی‌سازی و فرار از آشکارسازی استفاده کنند، برشمرد. این روش‌ها شامل انجام آزمایش به طور سریع پس از رخداد یک زمین‌لرزه بزرگ هم بود، اما تجزیه در حفره و پوشش معدنی گزینـه‌هـای اصلی مورد نظر بودند.

پوشش معدنی با به‌کارگیری انفجار شیمیایی بسیار بزرگ در یک ناحیه‌ی فعال در پروژه‌های معدنی و مخفی ساختن سیگنال لرزه‌ای حاصل از انفجار هسته‌ای است. انفجارهای شیمیایی که در معادن به کار می‌روند چند انفجار پشت سر هم با قدرت‌های متفاوت اسـت و بنـابراین، در تولیـد سیگنال‌های لرزه‌ای که می‌تواند انفجار هسته‌ای را بپوشاند ناتوان است. کمیته‌ی آکادمی ملی علـوم نتیجه گرفت که در سناریوی مخفی‌سازی با این روش قدرت انفجار هسته‌ای نمـی‌توانـد بیشـتر از ۱۰٪ قدرت انفجار شیمیایی ایجاد شده باشد. به این دلیل متخلف احتمـالی یـک انفجـار شـیمیایی بزرگ را در تلاش برای پوشش انفجار اصلی باید انجام دهد. با توجه به ندرت ایـن حـوادث، هـر انفجار شیمیایی بزرگ تک انفجاری می‌تواند شک‌برانگیز باشـد، بـه خصـوص بـا در نظـر گـرفتن توانمندی شبکه‌ی لرزه سامانه‌ی بین‌المللی پایش و امکانات فنی ملی که بنابر گزارش آکادمی علوم ملی تاکنون به صورت قابل توجهی افزایش یافته‌اند. علاوه بر این با فرض دانسـتن ایـن سـناریوی مخفی‌سازی محتمل، مذاکره‌کنندگان معاهده اقدامات اطمینان‌ساز را مورد پیش‌بینی دادند که توسط

آنها کشورهای عضو به صورت داوطلبانه دبیرخانه فنی را نسبت به انفجارهای شیمیایی معدنی با قدرت ۳۰۰ تن یا بیشتر در قلمرو خود، مطلع می‌سازند (Hafemister, 2009: 22).

در یک انفجار تجزیه شده تقریباً همه انرژی آزاد شده توسط آزمایش در حفره‌ی زیرزمینی گسترده شده و باعث تولید منشأ گاز زیادی در حفره اصلی می‌شود. در حالی که آزمایش‌های زیرزمینی با فرایند غیرکشسان انرژی به ساختار منتقل‌شده و منجر به ذوب شدن و فرو شکست زمین می‌شود. بنابراین، هر انفجار هسته‌ای که در حفره زیرزمینی انجام شود، توان هدردهی انرژی سیگنال لرزه‌ای را دارا است (Hafemister, 2009: 24).

در طول مذاکرات و مباحث مجلس سنا در مورد معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای مخالفان ادعا می‌کردند که تجزیه در حفره این اجازه را به متخلف می‌دهد تا انفجارهای هسته‌ای زیرزمینی با قدرت ۷۰ کیلو تن را مخفیانه انجام دهد. منتقدان معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای به آزمایش هسته‌ای تجزیه شده آمریکا در سال ۱۹٦٦ با فاکتور تجزیه ۷۰ به عنوان مبنای ادعای خود استناد می‌کنند، زیرا که سیگنال لرزه‌ای تجزیه شده زیر سطح آستانه‌ی معمول سامانه‌ی بین‌المللی پایش خواهد بود (Lynn, 2000: 9).

همان‌طور که دیوید هافمیستر[1] تأکید کرد حفره باید قطر ۲۰۰ متر و مساحت ۰/۱۳ کیلومتر مربع داشته باشد و باید در عمق یک کیلومتری حفر گردد. یک حفره با این ابعاد تاکنون ساخته نشده است و به صورت اساسی ساخت یک نمونه از این نوع به صورت فیزیکی غیرممکن است و حفر آن با رعایت محرمانگی و مخفی‌کاری آزمایش ناممکن می‌نماید. علاوه بر این صرف نظر از مشکلات اساسی تجزیه در حفره و محدودسازی هسته‌های پرتوزا انفجارهای هسته‌ای با قدرت ۲۰، ۵۰ یا ۷۰ کیلو تن دارای سیگنال‌های لرزه‌ای بسیار (بیشتر) بالاتر از سطح آستانه آشکارسازی سامانه‌ی بین‌المللی پایش خواهند بود، حتی اگر تجزیه با فاکتور ۷۰ وجود داشته باشد (Hafemister, 1997: 9).

1- David Hafemeister

متخلف احتمالی قبل از دستیابی موفق به سناریوی مخفی‌سازی، باید موضوعات قابل توجهی را که خطر آشکار شدن تخلف را افزایش می‌دهند، در نظر بگیرد. این موضوعات شامل موارد زیر است:

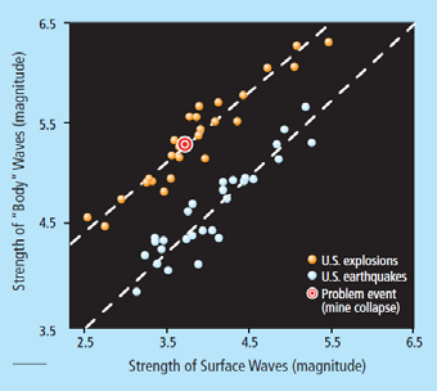
- پرهیز از گردش قدرت انفجار (وقتی یک انفجار با قدرتی بیش از آنچه پیش‌بینی می‌شده انجام شود) که منجر به تجزیه جزئی می‌گردد؛
- قرار دادن ساختار جغرافیایی مناسب، محدودسازی کامل تابش‌های هسته‌ای انفجار؛
- حفظ محرمانگی و اسرار در محیط کاری فنی گسترده و دستیابی به آزمایش‌های تجزیه شده قابل تکرار که برای پشتیبانی توسعه‌ی یک سلاح قابل پرتاب ضروری است (Hanlon, 2008: 123).

گزارش سال ۲۰۰۲ آکادمی ملی علوم بیان داشت که در یک عمق خاص حجم حفره بایستی متناسب با بهره‌ی (قدرت) انفجار افزایش یابد تا بتوان به فاکتور تجزیه‌ی یکسان دست یافت، اما با افزایش بهره، مشکلات عملی ساختار سازه‌های حفره تجزیه و محدودسازی پرتوها بیشتر می‌شود. براساس این گزارش، با پذیرش احتمال وقوع یک آزمایش تجزیه شده در حفره، نمی‌توان انفجار هسته‌ای زیرزمینی با قدرت بیش از ۱ یا ۲ کیلو تن را به صورت محرمانه مخفی کرد. برای اطمینان کافی آزمایش هسته‌ای تجزیه شده یک رویکرد کلی است که نیازمند نظارت کامل متخصصان راستی‌آزمایی است؛ اما طبق آنچه هانولون ذکر کرده، رویکرد تجزیه در حفره دشوار است و نمی‌توان اطمینان داشت که انفجار هسته‌ای آشکار نشود. در حقیقت این موضوع، آستانه‌ی آشکارسازی مورد نیاز در حسگرهای لرزه‌ای بین‌المللی، روسیه و آمریکا راتغییر می‌دهد (NAS, 2002: 48).

توانایی تفکیک انفجار از حوادث طبیعی

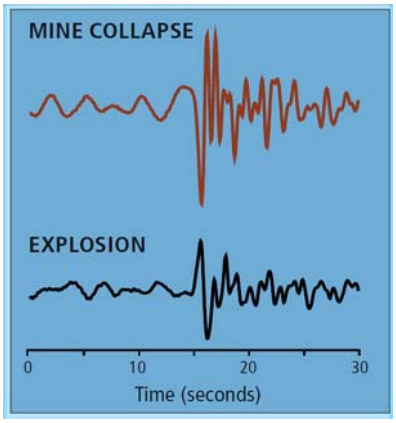
همان‌طور که در بخش‌های قبل اشاره شد، یکی از خصوصیت‌های مهم هر سامانه، پایش توانایی تفکیک حادثه‌ی اصلی از حوادث طبیعی روزمره است. همان‌طور که در بررسی فناوری‌های مختلف به کار رفته در سامانه‌ی پایش ذکر گردید، در هرکدام از این فناوری‌ها بایستی فنونی برای جداسازی به کار رود. در فناوری لرزه با توجه این که در طول روز تعداد زیادی زمین‌لرزه در کره‌ی زمین درحال رخ‌دادن است، دغدغه‌ی زیادی برای

تفکیک ایجاد شده است. نکته‌ی مهم اینجاست که تفاوت در نسبت موج طول موج بلند سطحی به موج بدنه در موج لرزه‌ای توان تفکیک را مهیا می‌سازد. زیرا موج سطحی حاصل از انفجار بسیار ضعیف‌تر از موج سطحی یک زمین‌لرزه خفیف است (Lynn, 2002: 497). اما هنوز مشکل به طور کامل حل نشده است، زیرا در انفجارهای معدنی به راحتی نمی‌توان از روی نسبت فوق به طبیعت انفجار (هسته‌ای یا غیر آن) پی برد. زیرا که در این نسبت با یکدیگر شباهت دارند و در منحنی نسبت موج‌ها که در شکل شماره‌ی (۱) آمده این امر نشان داده شده است (Richards, 1997,257).



شکل شماره‌ی ۱- نمودار شدت موج‌های سطحی و بدنه

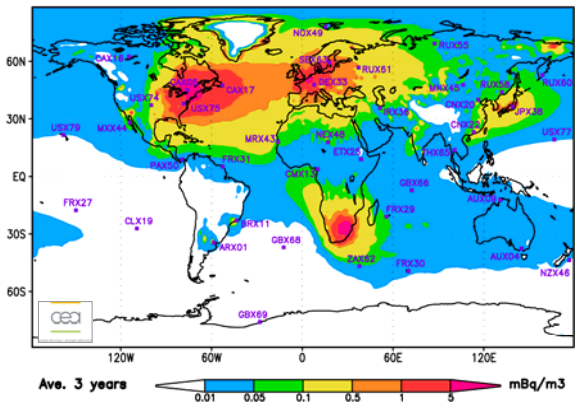
اما با بررسی‌های بیشتر، محققان دریافتند که در مقایسه‌ی میان موج بدنه یک ریزش معدن و انفجار تفاوتی وجود دارد. این تفاوت در قسمت ابتدایی شکل موج نمایان است، که در آن موج بدنه‌ی حاصل از انفجار دارای قله‌های به نسبت پهن‌تر و ریزش معدن دارای قله‌هایی شدیدتر و نازک‌تر است (شکل شماره‌ی ۲) (Bowers, 2002: 4).



شکل شماره‌ی ۲- تمایز میان موج بدنه حاصل از ریزش معدن وانفجار با توجه با قله‌های ابتدای موج

اما موضوع مهم تمایز میان حوادث طبیعی و انفجار هسته‌ای تنها به فناوری لـرزه‌ای محـدود نمی‌شود، بلکه بر خلاف آنچه قبلاً تصور می‌شد (Carrigan, 1996: 528)، در پایش گازهای نجیـب پرتوزا و ذرات پرتوزا نیز پیچیدگی‌هایی وجود دارد که سد راه فرایند تمایز هستند. پس، اندازه‌گیری میزان پس‌زمینه‌ی زنون پرتوزا در نقاط مختلف جهان مشخص گردید، وجود مراکز دیگری که طی فرایند کار طبیعی آنها این گاز پرتوزا تولید می‌گردد، مانع اصلی تمایز اسـت. (Bowyer, 2002: 139) و (Fontaine,2004: 72). این مراکز شامل مراکـز گسـترده‌ی تولیـد رادیـودارو، نیروگـاه‌هـای بـرق هسـته‌ای و راکتورهـای تحقیقـاتی مـی‌باشـند (Kalinowski, 2005). پـس از نصـب و راه‌انـدازی دستگاه‌های پایش گاز زنون پرتوزا در نقاطی از اروپا، نتایج اندازه‌گیری‌ها جالب توجه می‌نمـود. در مواقعی از سال در نتایج طیف حاصـل در ناحیـه‌ی زنـون پرتـوزا مقـادیر بسـیار بـالاتری از آنچـه پیش‌بینی می‌شد، به چشم می‌خورد. در فاصله‌ی زمانی تا سال ۲۰۰۲ این امر، متأثر از شروع به کـار و خاموش شدن نیروگاه‌های برق هسته‌ای تفسیر می‌شد. اما مطالعات و اندازه‌گیری‌های بیشتر ایـن تصور را زیر سؤال برد (Kalinowski, 2006: 215). زیرا اندازه‌گیری زنون پرتوزا در مجاورت مراکـز تولید رادیو دارو، وجود مقادیر متنابهی زنون پرتوزا را نشان می‌داد. علاوه بر این، در فواصل زمـانی که این مراکز فعالیت خود را به دلایلی تعلیق مـی‌کردنـد، ایـن میـزان در ایسـتگاه‌هـای مسـتقر در

نیم‌کره‌ی شمالی و بیشتر در اروپا، به شدت کاهش می‌یافت. وجود این منابع تولید گاز زنون پرتوزا و اثرات آن بر سطح پس‌زمینه‌ی جهان در شکل شماره‌ی (۳) قابل مشاهده است.

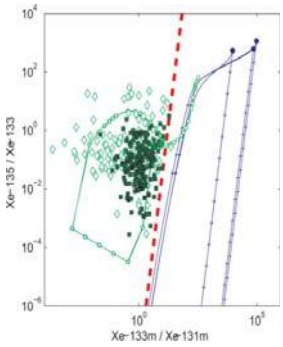


شکل شماره‌ی ۳- میزان تأثیر کل مراکز تولید رادیوزنون در پس‌زمینه‌ی جهانی

اما چه راه‌حلی می‌توانست این مشکل اساسی را حل کند. پروفسور کالینوسکی[1] و همکارانشان به بررسی همه جانبه در این زمینه پرداختند (Kalinowski, 2007: 16). علاوه بر این، دانشمندان اروپایی با همکاری متخصصان دیگر دبیرخانه‌ی فنی موقت در مناطق مختلف کره‌ی زمین، گردآوری داده‌های مربوط به مقادیر آزاد شده‌ی گاز زنون پرتوزا را آغاز کردند. از هم‌افزایی این مطالعات و مدل‌سازی ترابرد جوی (Wotawa, 2003: 2529) و همچنین نتایج اندازه‌گیری‌ها، رهیافت جدیدی راه‌گشای این مرحله از موضوع تمایز گردید. این امر نموداری بود که از رسم کردن مقادیر نسبت ایزوتوپ‌های پایدار زنون پرتوزا به ایزوتوپ‌های شبه‌پایدار آن به دست می‌آمد. با رسم این نمودار مشخص شد که این نمودار توانایی ایجاد تمایز میان منابع مختلف تولید زنون پرتوزا را داراست (Kalinowski, 2007). همان‌طور که در شکل شماره‌ی (٤) مشاهده می‌شود، در این نمودار می‌توان خطی را به عنوان تمایز میان ناحیه‌ی انفجار هسته‌ای (راست) و ناحیه‌ی رخدادهای طبیعی رسم نمود. اما همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، استثنا هم وجود دارد. این استثنا مربوط است به مراحل اولیه‌ی شروع به کار راکتور در چرخه‌ی اولیه تا رسیدن به تعادل

1- Kalinowski,Hamburg University

است. علاوه بر این در زمانی که در مراکز تولید رادیودارو تابش هدف‌های اورانیومی شروع می‌شود در مواردی، نتایج در ناحیه‌ی انفجار قرار می‌گیرد. از آنجاست که در کارگاه گاز نجیب در آرژانتین محققان درخواست ارائه‌ی داده توسط مراکز تولید رادیودارو به مرکز داده را داشتند.



شکل شماره‌ی ٤- نمودار نسبت ایزوتوپ‌های پایدار زنون پرتوزا و شبه‌پایدار

(خطوط آبی مربوط به انفجارهای اورانیومی و پلوتونیومی، دایره‌های سبز رنگ راکتورها، لوزی‌ها نتایج اندازه‌گیری رادیودارو ونقاط پررنگ نیروگاه)

همان‌طور که در ابتدای مطلب اشاره شد در تمایز میان نمونه‌های حاصل از ذرات پرتوزا که از عبور هوا از یک فیلتر سلولزی، تولید می‌شوند نیز مشکلاتی وجود دارد. منشأ این موضوع به دلیل وجود ذرات پرتوزای حاصل از شکافت و فعال‌سازی پرتوی در محل ایستگاه‌های پایش پرتوزا می‌باشد. تفاوت مقادیر این ذرات پرتوزا در نقاط مختلف جهان که با فعالیت‌های هسته‌ای در آن نقاط متناسب است، کار را پیچیده کرده است. بنابراین، در مورد تقسیم‌بندی نمونه‌ها به سطوح مختلف طرحی توسط دبیرخانه حاوی ۵ سطح در نظر گرفته شده است. در این موارد تنها نمونه‌های سطح پنج که حاوی حداقل یک ذره‌ی پرتوزای حاصل از شکافت و یک ذره‌ی حاصل از فعال‌سازی می‌باشد، نیازمند تحلیل دوباره در آزمایشگاه‌های هسته‌های پرتوزا هستند. طرح دسته‌بندی نمونه‌های زنون پرتوزا نیز در دبیرخانه با توجه نمودارهای پیش‌گفته در حال بررسی است.

باتوجه به روزآمد بودن فناوری صوتی در سامانه‌ی پایش و فقدان تحقیقات گسترده‌ی کافی در این زمینه با هدف پایش انفجار، منابع طبیعی تولید این علامت هم اکنون در حال بررسی است. از آن‌جا که این موج نیازمند انتشار در محیط زمین و یا دریاست، اندازه‌گیری‌های گسترده در نقاط مختلف زمین و در فصول مختلف سال راه‌گشای موضوع خواهدبود. البته هم‌اکنون برای تمایز و تفکیک میان علایم طبیعی همچون آتشفشان و انفجارهای شیمیایی با انفجار هسته‌ای روش‌های عددی مختلفی به کار می‌رود (Ham,1999:344) و (Kalinowski, 2002: 615).

آزمایش هسته‌ای با قدرت پایین

با وجود توانایی‌های سامانه‌ی بین‌المللی پایش و نقش تکمیل‌کننده‌ای که امکانات فنی ملی کشورهای عضو دارند، سؤال این خواهد بود که متخلف احتمالی چه نوع آزمایشی را می‌تواند با شانس قابل قبول آشکار نشدن انجام دهد؟ برخی از کشورهای عضو دارای سلاح هسته‌ای در ابتدا به منع آستانه‌ای آزمایش علاقه داشتند که سطح معینی از آزمایش انفجار هسته‌ای را مجاز می‌دانست. اما مذاکره‌کنندگان در ژنو توافق داشتند که معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای بایستی یک منع آزمایش با بهره‌ی صفر باشد. به این معنا که هیچ آزمایش هسته‌ای نباید دستیابی به بهره‌ی هسته‌ای داشته باشد (Jones, 1997: 291). اگر چه یک دلیل فنی واضح برای منع بهره‌ی صفر این است که یک چارچوب پایش کیفی تأسیس گردد (منع انجام انفجار هسته‌ای) در مقابل استاندارد کمی (منع انجام انفجار هسته‌ای بالاتر از بهره‌ی معین) که به عدم توافق بر سر تعیین دقیق بهره‌ی مورد نظر خواهد انجامید. از آنجا که معاهدات کنترل تسلیحات بایستی با احتمال صددرصد قابل راستی‌آزمایی مؤثر باشند از این رو، مهم است که فواید احتمالی حاصل از انجام آزمایش هسته‌ای را که توسط سامانه‌ی بین‌المللی پایش و امکانات فنی ملی آشکار نشود بدانیم (Krystensen, 2009: 6).

براساس گزارش آکادمی ملی علوم، فواید و فضایلی است که هر دو جویای سلاح هسته‌ای آماتور و دارندگان باتجربه و کار آزموده می‌توانند با انجام آزمایش با قدرت کم بدان دست یابند. آزمایش‌های هیدرودینامیک یا زیر بحرانی در معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای مجاز است، زیرا

که در این روش‌ها هیچ بهره‌ی هسته‌ای به دست نمی‌آید. این روش‌ها و روش‌های دیگر آزمایش‌های غیر انفجاری هسته‌ای را می‌توان به سادگی برای توسعه‌ی طراحی سلاح‌های هسته‌ای نوع تفنگی به کار برد. با آزمایش‌های هیدرودینامیک کشورهای با تجربه کمتر در زمینه‌ی آزمایش، می‌توانند داده‌هایی را در مورد لنزهای با قدرت انفجاری بالا برای وسایل انفجاری داخلی به دست آورند و احتمالاً دستگاه‌های تقویت نشده شکافتی خام را تأیید اعتبار کنند. کشورهای دارای تجربه‌ی گسترده در زمینه‌ی انجام آزمایش به بینش محدودی در مورد سلاح‌های شکافتی تقویت شده دست خواهند یافت. ایالات متحده بر آزمایش‌های زیر بحرانی به عنوان جزء اصلی برنامه‌ی نگهداری ذخایر موجود خود تکیه دارد (Richards, 1997: 781).

آزمایش‌های هیدروهسته‌ای[1] که بهره‌ی کمتر از ۰/۱ تن «تی ان تی» تولید می‌کنند، تحت مقررات معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای ممنوع هستند. چون به بهره‌ی هسته‌ای هر چند کم منجر خواهد شد. کاربرد اصلی و اولیه‌ی آزمایش هیدروهسته‌ای انجام آزمایش‌های ایمنی تک نقطه‌ای هستند. این آزمایش‌ها برای اطمینان از این امر انجام می‌شوند که در صورت وقوع حادثه‌ی انفجاری، احتمال رسیدن قدرت انفجاری سرجنگی هسته‌ای به ٤ پوند «تی ان تی»، کمتر از یک در میلیون باشد. این آزمایش‌ها برای کشورهای دارای تجارب گسترده‌ی آزمایش هسته‌ای بسیار مشکل و پیچیده است چه برسد به کشورهای دارای تجربه کم (NAS, 2002: 68).

برای کشورهای با تجربه، آزمایش‌های هیدروهسته‌ای می‌توانند داده‌های کافی را برای اعتبارسنجی طراحی تقویت نشده شکافتی با قدرت انفجاری در حد ۱۰ تن داشته باشد. کشورهای با تجربه می‌توانند طراحی سلاح هسته‌ای تقویت نشده در محدوده‌ی ۱۰۰ تن را با آزمایش انفجاری بزرگ‌تر از ۰/۱ تن و کمتر از ۱۰ تن اعتبارسنجی کنند. با کاربرد آزمایش با قدرت کم بین ۱۰ تن و کمتر از ۱ تا ۲ کیلو تن کشورهای کم تجربه‌تر می‌توانند به بهبود نسبت قدرت به وزن به صورت محدود دست یابند یا آزمایش‌های تأییدی سلاح‌های هسته‌ای کم توان را انجام دهند. آزمایش در این محدوده به کشورهای با تجربه این امکان را می‌دهد که مطالعاتی در مورد سوخت

1- Hydronuclear

اولیه و آغازگر تقویت‌شده‌ی گازی که مرحله‌ی بحرانی و حساسی در دستیابی به توان اولیه‌ی کامل است، انجام دهند (Drell, 1995: 3).

اگر چه برخی از مخالفان و منتقدان معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای عنوان کردند که مذاکره‌کنندگان روسی به تعاریف متفاوتی از منع قدرت صفر (با بهره‌ی صفر) که آزمایش‌های هیدروهسته‌ای و یا با قدرت بسیار کم را مجاز می‌دانند، معتقد هستند. این ادعا البته توسط مقامات روسی و آمریکایی مورد تکذیب قرار گرفت. رئیس تیم مذاکره‌کنندگان معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای آمریکا، استفان جی لدوگار[1] در نطق خود در کمیته‌ی روابط خارجی سنای آمریکا در مورد معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای در اکتبر سال ۱۹۹۹، عنوان کرد که با رعایت تمام سطوح طبقه‌بندی فناورانه‌ی روسیه و دیگر کشورهای دارای سلاح هسته‌ای استدلال منع بهره‌ی صفر را دریافتند (Ledogar, 1999: 15). علاوه بر این، بدون در نظر گرفتن فقدان شاهدی برای تست انجام آزمایش بحرانی توسط روسیه امکان آن وجود دارد که روسیه بتواند آزمایش‌های هیدروهسته‌ای یا کم توان را بدون آشکارسازی انجام دهد. همان‌طور که توضیح داده شد این امکان برای روسیه وجود دارد که سلاح‌های هسته‌ای جدید کم توان خود را در ناحیه‌ی ۱۰ تا ۱۰۰ کیلوتن اعتبارسنجی کند. برخی معتقدند که این توسعه به روسیه این امکان را می‌دهد که در موقعیت منازعه کنترل تعادل داشته باشد و چتر هسته‌ای آمریکا را زیر سؤال ببرد (Foster, 2007: 43).

کاتلین بایلی[2] و رابرت بارکر[3] ادعا کردند که ۱ تا ۲ کیلوتن می‌تواند از نظر نظامی و سیاسی برای هر متخلفی قابل توجه باشد. «آنها معتقدند که فناوری هدایت تجاری معمول، توان حمل دقیق وسیله‌ی ۱ تا ۲ کیلو تنی را ممکن می‌سازد که می‌تواند تخریب اعلام نشده‌ای را علیه هر مرکز شلوغ جمعیتی یا هر محل راهبردی به دست دهد. علی‌رغم مسائل و مشکلاتی که در حمل موفق یک سرجنگی ۱ تا ۲ کیلو تنی وجود دارد این سناریو در فضای وجود یا عدم معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای می‌تواند وجود داشته باشد (Grossman: 2007) و (Bailey, 2003: 132).

1- Ambassador Stephen J. Ledogar
2- Kathleen Bailey
3- Robert Barker

بازرسی از محل

با توجه به حجم گسترده‌ی فناوری‌هایی که در هر بازرسی از محل به کار می‌رود، نمی‌توان ارزیابی فنی کاملی را ارائه داد. از طرفی به دلیل این کـه بازرسـی از محـل واقعـی فقـط پـس از اجرایی شدن معاهده قابل انجام خواهد بود، در حال حاضر توانایی بررسی کامل فنی همه‌ی ابعاد آن مقدور نیسـت (Takano, 2001: 143). تـاکنون نیـز تنهـا تمـرین‌هـای میـدانی بخشـی از ایـن فناوری‌ها را به کار برده‌اند. در تمرین میدانی قزاقستان تقریباً همه‌ی فناوری‌ها در مرحله‌ای که در آن زمان در دسترس و عملیاتی بودند به غیر از فناوری پایش گاز نجیب مورد آزمـایش عملیـاتی قرار گرفتند. در این تمرین در مراحل مختلف، اجرای مطابق با آنچه معاهده مقرر مـی‌سـاخت در عمل تا حد زیادی ناممکن می‌نمود. ایـن مشـکلات در مراحـل مختلـف بازرسـی تجهیـزات در نقطه‌ی ورود، حمل آنها به محل پایگاه عملیاتی و به‌کارگیری آنهـا در میـدان عمـل مـانعی بـرای اجرای دقیق بازرسی از محل بود. از یک طرف شیوه‌نامه‌ی عملیاتی بازرسی از محل همچنـان در حال تدوین است و علاوه بر آن متون روش‌های عملیاتی استاندارد نیـز کامـل نشـده‌انـد (CTBT, 2010). از طرف دیگر، همه‌ی تجهیزات بازرسی از محل باید مطـابق بـا نیازمنـدی‌هـای معاهـده بازطراحی و ساخته شوند. تاکنون نیز همه‌ی تجهیزات مطابق با استانداردهای مورد نیاز طراحـی، ساخته و نهایی نشده‌اند. علاوه بر همه‌ی این موارد، فهرست این تجهیزات و مشخصـات آنهـا در اولین جلسه‌ی کنفرانس کشورهای عضو می‌بایستی مورد تأیید و تصویب قرار گیرد که تا معاهـده اجرایی نشود، ناممکن خواهد بود (CTBT, 2011).

اما در این برهه از زمان، می‌توان ارزیابی نتایج آزمایش میدانی جامع سال ۲۰۰۸ قزاقسـتان را به صورت اولیه مورد بررسی قرار داد. علاوه بر این، در سال ۲۰۰۹ در یک تمرین میدانی تجهیزات گاز نجیب در کشور اسلواکی مورد بررسی عملیاتی قـرار گرفتنـد تـا آزمـایش جـامعی از همـه‌ی تجهیزات صورت گرفته باشد (CTBT, 2011). البته برای تمرین میـدانی سـال ۲۰۱٤ بـرای بـرآورد میزان کارآیی و سطح آمادگی تجهیزات بازرسی، تمرین‌های میدانی کوچک‌تری تعبیه شده‌اند که در سال‌های آینده اجرا خواهند شد. مروری بر تمرین‌های میدانی انجام شده در سال ۱۹۹۹ تا ۲۰۰۵ در مرجع (Persbo, 2006: 53) آمده است.

مطالعه‌ی موردی (کره شمالی)

در ۹ اکتبر سال ۲۰۰٦ ساعت ۱ و ۳۵ دقیقه ایستگاه‌های لرزه‌نگاری سراسر جهان لـرزه‌ای را با خصوصیات یک انفجار هسته‌ای کوچک ثبت کردند. پس از ۲ ساعت کشورهای عضو معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای، تحلیل اولیه‌ی اتوماتیک خود را که حـاوی اطلاعـات زمـانی کـافی و بزرگای حادثه بود به مرکز داده‌ی بین‌المللی (IDC) ارسال کردند. بر اساس اطلاعاتی که دبیرخانه‌ی فنی موقت سازمان معاهده در وین ارسال کرد (این اطلاعات که از ۲۰ ایستگاه سامانه‌ی بین‌المللـی پایش ناشی می‌شد)، انفجار را در کشور کره‌ی شمالی مکان‌نمایی کرد. علاوه بر این، قدرت لرزه‌ی ایجاد شده بین ۳/۵۸ تا ٤/۲ اندازه‌گیری شده بود (Mazetti, 2006).

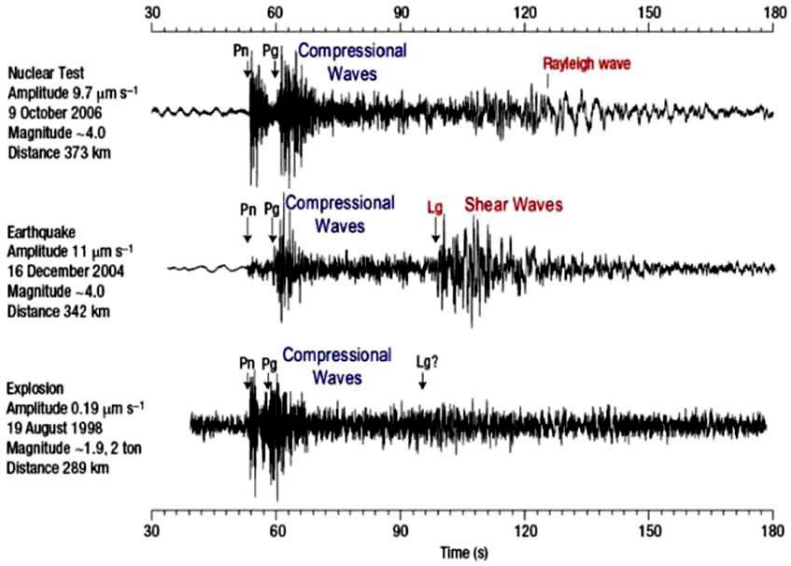
شیوه‌ی مـورد عمـل کـه دبیرخانـه‌ی موقـت فنـی مطـابق بـا، نمونـه‌ای از آن چیـزی کـه مذاکره‌کنندگان در مورد رژیم راستی‌آزمایی قصد داشتند سازمان معاهـده در مواقـع آشکارسـازی حادثه‌ای مشکوک به انفجار هسته‌ای انجام دهد. براسـاس طراحـی پـایش مـداوم ایسـتگاه‌هـا در سراسر جهان، اولین کار مرکز بین‌المللی داده این بود که با قطعیت بیان کند آیـا علامـت لـرزه‌ای مشکوک ثبت شده مربوط به انفجار هسته‌ای است یا این که از وقـوع یـک زمـین لـرزه، انفجـار شیمیایی و یا انهدام معدن نشأت می‌گیرد. سپس رهاسازی هسته‌هـای پرتـوزا در دو شـکل ذرات پرتوزا و گازهای نجیب پرتوزا را پایش کند. پس از آشکارسازی و تحلیل اولیه، وارسی و پالایش اطلاعات با هدف تعیین مکان و ابعاد حادثه مشکوک با دقت هر چه تمام گام بعـدی اسـت. اگـر معلوم شد که یک انفجار هسته‌ای مخفی در تخلف و سرپیچی از معاهده صـورت گرفتـه اسـت، تحلیل داده‌های سامانه‌ی بین‌المللی پایش از همه‌ی منـابع موجـود، سـرنخ ارزشـمندی در مـورد مقصر اصلی و نوع سلاحی که آزمایش شده، فراهم می‌کند (Pearce, 2007: 24).

در این مورد شواهد سیاسی وجود داشت: شش روز قبل سخنگوی دولت کـره‌ی شـمالی در رسانه‌های عمومی اعلام کرد که دولت قصد انجام آزمایش هسته‌ای را دارد. بعداً معلوم شد که چین از این که کره‌ی شمالی می‌خواهد یک انفجار هسته‌ای با بهره‌ی حدود ٤ کیلو تن را ترتیب دهد، با اطلاع بوده است. پس از آشکارسازی سیگنال لرزه‌ای در ۹ اکتبر، دبیرخانه‌ی فنی موقت اطلاعات و داده‌هایش را با کشورهای عضو به مشارکت گذاشت. یک جلسه‌ی توجیه فنی برگـزار نمـود و در

روز ۱۱ اکتبر یک تحلیل با جزئیات بیشتر را به صورت رسمی ارائه داد که اطلاعات اولیه را مـورد تأیید قرار می‌داد (CTBT, 2009).

فناوری‌های مختلف پایش توانستند محدوده‌ی وقوع انفجار را به حد ناحیه‌ای با مساحت ۸۸۰ کیلومتر مربع کاهش دهند (Becker, 2007: 53). دو هفته پس از وقوع حادثه ایستگاه پایش رادیونوکلاید در یلونایف کانادا سطوح قابل توجهی از زنون ۱۳۳ را ثبت کرد. همـان‌طـور کـه قبلاً بیان گردید، این رادیو ایزوتوپ گاز نجیب پرتوزایی اسـت کـه محصـول شـکافت اسـت. دبیرخانه‌ی فنی با استفاده از مدل‌سازی ترابرد جوی تأیید نمود که منبع اصلی هسته‌های پرتوزا ناحیه‌ای درون کشور کره‌ی شمالی بوده است. آشکارسازی این گاز نجیب پرتوزا خود تأکیدی بر نتایج حاصل از داده‌های لرزه‌ای بود که بیان می‌کرد انفجار در سنگ سخت صورت گرفته و بهره‌ی شکافتی کمتر از یک کیلو تنی داشته است (Saey, 2007: 4).

شکل شماره‌ی (۵)، طیف ۲ حادثه با بزرگای ٤ ریشتر که فاصله‌ی آنها با محل انفجار ماه اکتبر سال ۲۰۰٦ به ترتیب ۳۷۳ و ۳٤۲ کیلومتر می‌باشد نشان می‌دهد. علامت حاصل از انفجار ماه اکتبر به دلیل موج P با دامنه‌ی بزرگ و دامنه‌ی کوچک موج S اش به‌راحتی در برابر دامنه‌ی کوچک موج P حاصل از زمین لرزه قابل تشخیص اسـت (Richards, 2007: 4). داده‌ی لـرزه‌ای محلی که توسط سامانه‌ای غیر از سـامانه‌ی بـین‌المللـی پـایش کـه توسـط چـین و آمریکـا در مودانژیانگ چین در حال کار بوده است نشان داد که توانمندی پایشـی معاهـده‌ی منـع جـامع آزمایش هسته‌ای در نزدیکی محل ایستگاه‌ها ارتقا یافته است (Kim, 2007: 158).



شکل شماره‌ی ۵- نمودار لرزه‌نمایی امواج حاصل ازانفجار، زلزله و انفجار شیمیایی

دفتر رئیس روابط عمومی اطلاعات ملی آمریکا اعلام کرد که آمار پرتوزا ۲ روز پس از انجام آزمایش آشکارسازی شده است (CIA, 2007). نسبت سیگنال به نوفه‌ی مناسب نشان داد که سطح تشخیص امواج لرزه‌ای کمتر از ۰/٦ کیلو تن «تی ان تی» است. داده‌های حاصل از ٤ آزمایش انفجار شیمیایی در سال ۱۹۹۸ با فاصله‌ی ۲۹۸ کیلومتری محل انفجار کره توسط دانشمندان برای تعیین سطح آستانه ۰/۰۰۲ و ۰/۱ کیلو تن آن منطقه در حد ۵۰ برابر کمتر از آن چه مطالعات آکادمی ملی علوم آمریکا پیش‌بینی کرده بود وجود داشت. از میان نتایج کاربردی که از پاسخ دبیرخانه به آزمایش کره‌ی شمالی می‌توان برداشت کرد سه تای آنها به شکل خاصی مهم هستند:

همان‌طور که داده‌ها نشان می‌دهند انفجار زیر یک کیلو تن بود. این امر نشانگر آن است که پیش‌بینی‌ها و اطمینانی که دانشمندان در طول مذاکرات معاهده در مورد این داشتند که فناوری‌های مختلف سامانه بین‌المللی پایش می‌تواند در عمل با هم‌افزایی، آشکارسازی و مکان‌نمایی انفجارهای هسته‌ای را کمتر از حد یک کیلو تن ذکر شده در سامانه‌ی پایش انجام دهد، درست بوده است.

تصمیم اکثریت در طول مذاکرات به این نتیجه رسید که ایستگاه‌های پایش به هسته‌های پرتوزا حاوی حسگرهای گاز نجیب هم باشند. آشکارسازی تدریجی گاز زنون پرتوزا که در یلونایف کانادا حدود ۷۰۰۰ کیلومتر دورتر از محل انفجار صورت پذیرفت، بر تصمیم فوق صحه گذاشت.

اگرچه آشکارسازی از راه دور باعث تأیید توان تأثیر سامانه‌ی بین‌المللی پایش شد، اما یک بازرسی سریع از محل مانند آن چه در معاهده دیده شده است، می‌توانست تقریباً اغلب موضوعات و احتمالات باقی‌مانده را حل کند و اطلاعات دقیق‌تری را در مورد مکان و قدرت انفجار صورت گرفته فراهم سازد.

در غیاب انجام یک بازرسی از محل و با در نظر گرفتن عدم قطعیت مربوط به مشخصات ژئوفیزیکی محل انجام آزمایش (عمق، سختی خاک و مانند آن) بازه‌ی بزرگایی که توسط سامانه‌ی بین‌المللی پایش به دست آمده، نشان می‌داد انفجار با قدرتی کمتر از ٤ کیلو تن که کره‌ی شمالی پیش‌بینی کرده بود انجام شده است، با این فرض که گزارش رسیده به چین در مورد قدرت انفجار دقیق باشد (Chi-dong, 2006). درحالی‌که باید در این مورد تفکر و تعمق بیشتری کرد که کره‌ی شمالی ممکن است فناوری و تجارب خود را توسعه داده که بتواند یک آزمایش با قدرت کم بر روی کلاهکی که با موشک‌های خودش قابل حمل باشد انجام دهد.

محتمل‌ترین توضیح این است که آزمایش صورت گرفته نتوانسته قدرت انفجاری پیش‌بینی شده را تولید کند. اگر آزمایش انفجاری آن‌طور که طراحی شده، صورت نپذیرفته باشد، کره‌ی شمالی انتخاب سختی را در پیش رو دارد. آزمایش دوباره محکوم کردن و تحریم‌های بین‌المللی قوی‌تر و یا رها کردن رویکرد ساخت یک سلاح هسته‌ای قابل حمل توسط موشک و توسعه و نصب سلاح‌های هسته‌ای بدون درجه اطمینان قابل قبول را به دنبال خواهد داشت (Richards, 2006: 67).

با وجود هنجارهای روزافزون در مقابل انجام آزمایش هسته‌ای، حتی اگر معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای به صورت حقوقی لازم‌الاجرا نشده باشد، انتخاب اول بسیار مشکل است. مشکلات نظامی و امنیتی قابل توجهی همراه با انتخاب سوم وجود دارد (Sanger, 2007: 70). کره

انتخاب دوم را که از دیدگاه عملی، امنیتی و سیاسی بسیار جذاب‌تر به نظر می‌رسد نیز رها خواهد کرد، این که مفروضات خود صحیح باشد تاکنون معلوم نیست، ولی در طول ٦ ماه کره‌ی شمالی تنها مذاکرات را در قالب ٦ کشور ادامه داد و برای اولین بار از سال ١٩٩٤ با طرح کاری غیرهسته‌ای‌سازی موافقت کرد (Fifi, 2007).

ایستگاه گاز نجیب در یلونایف کانادا نقش تعیین‌کننده‌ای در تأیید این که حادثه‌ی لرزه‌ای رخ داده در کره‌ی شمالی منشأ هسته‌ای دارد، بازی کرد. این تجربه وجود حسگرهای گاز نجیب را در ایستگاه‌های رادیونوکلاید و شبکه‌ی گسترده‌ی پایش هسته‌های پرتوزا را که در مذاکرات معاهده‌ی منع جامع آزمایش هسته‌ای مطرح بود، مورد تأیید قرار داد.

در طول مذاکرات شکل‌گیری معاهده، چین در مورد نیاز به پایش گاز نجیب پرتوزا در سامانه‌ی پایش، ابهام داشت و روسیه پیشنهاد ٣ هواپیمای دارای تجهیزات نمونه‌برداری خاص هسته‌ای پرتوزا را مطرح کرد، اما در نتیجه‌ی جلسات آن‌چه را که مد نظر اکثریت مذاکره‌کنندگان بود پذیرفتند که از ٨٠ ایستگاه ٤٠ تای آن دارای قابلیت آشکارسازی گاز نجیب پرتوزا باشند (Johnson, 2007: 148).

در زمان انفجار، ایستگاه یلونایف کانادا یکی از ١٠ ایستگاه پایش هسته‌های پرتوزا بود که حسگر گاز زنون پرتوزا در آن نصب شده بود و در فرایند آزمایش‌های بین‌المللی گاز نجیب آزمایش عملکردی شده بودند. نزدیک‌ترین ایستگاه‌ها به کره‌ی شمالی در کانادا، مغولستان، سوئد و نروژ نصب شده بودند، اما حرکت جریان‌های جوی از غرب به شرق بود و دیگر ایستگاه‌ها تنها میزان کمی آشکارسازی کردند و چیزی آشکار نشد.

اندازه‌ی کوچک و آلودگی اندک ایجاد شده توسط آزمایش کره‌ی شمالی از خروج ذرات پرتوزا به فضای خارج جلوگیری کرد، اما نتوانست رسوخ و نشت گازهای نجیب پرتوزا را مخفی سازد. نه تنها آشکارسازی گازهای رهاسازی شده گواه قابل قبولی برای هسته‌ای بودن منشأ انفجار بود، بلکه این امر نشان داد که متخلف احتمالی با قصد انجام آزمایش هسته‌ای مخفی، با احتمال بالای آشکارسازی حتی در فواصل دور، روبه‌رو خواهد بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که

آشکارسازی و پایش گاز نجیب پرتوزا هزینه و خطر متخلف احتمالی معاهده را بالا برده و بر توان بازدارندگی رژیم راستی‌آزمایی معاهده افزوده است (Saey, 2007: 7).

تهدیدهای حاصل از چالش‌های رژیم راستی‌آزمایی معاهده

از آنجا که در قبال تعهد به مقررات معاهده، کشورهای عضو توانایی پایش انفجار هسته‌ای را دارا خواهند بود، توانمندی این رژیم و توان کشورهای عضو در استفاده از این رژیم بسیار با اهمیت است. زیرا اگر توانایی کشورها در قبال استفاده از این ژیم برابر نباشد، تهدیدی جدی برای کشورهای دارای تجربه کمتر وجود خواهد داشت. علاوه بر این، ممکن است تفسیر نادرست داده‌های تولید شده توسط این سامانه، مبنایی برای به چالش کشاندن کشورهای دارای توان کمتر در عرصه‌ی سیاسی باشد. بر مبنای توضیحات ارائه‌شده در قسمت‌های قبل، توانایی‌ها و چالش‌های رژیم راستی‌آزمایی معاهده تا حدودی معین گردید. حال با توجه به این چالش‌ها می توان از دیدگاه کشورهای عضو که توانمندی کمتر دارند، تهدیدهای محتمل را بررسی و ارزیابی کرد.

توان نابرابر فناورانه‌ی کشورهای عضو

توانایی کشورها در پایش انفجارهای هسته‌ای متفاوت است. بر این اساس، برخی کشورها مانند ایالات متحده در جهت اجرای معاهدات قبلی خود در منع آزمایش، توانمندی گسترده‌ای را برای کشورشان ایجاد نموده‌اند. این توانمندی در گستردگی و توان آشکارسازی در مواردی الگوی شکل‌گیری شبکه‌های پایش معاهده‌ی CTBT قرار گرفته‌اند. برای مثال، شبکه‌ی لرزه‌ای ایالات متحده برای پایش گسترده‌ی لرزه‌ای در ایالات متحده و نقاط دیگر جهان، الگوی مناسبی برای مکان‌نمای ایستگاه‌های شبکه‌ی لرزه‌ای بود. البته این نکته نیز حائز اهمیت است که ایستگاه‌های پایش معاهده به عنوان کمکی برای تکمیل و تدقیق اطلاعات به‌دست آمده از سراسر جهان، به خصوص نقاطی که دسترسی داده‌ای به آن مکان‌ها برای کشورهای دیگر امکان‌پذیر نیست، در نظر است. بر این اساس با اطلاعاتی که از شبکه‌ی لرزه‌ای معاهده ارسال می‌گردد، همه‌ی کشورها به یک میزان توانایی استفاده بهینه را ندارند. در این خصوص ممکن است با عدم تسلط کافی هر کشور عضو، داده‌هایی تبادل گردد که برای کشور ما بی‌ارزش ولی برای کشورهای دارای فناوری

تحلیل قدرتمندتر دارای ارزش فراوانی باشد. در این خصوص توانمندی بالاتر از آنچه برای کشورهای دارای سطح فناوری پایین تر مشهود است، در دستگاه‌ها وجود دارد و از چشم جهانیان پوشیده می‌ماند (SAND, 2001).

تهدیدی که از این امر متوجه کشورمان خواهد بود این است که در بررسی تجهیزات و فناوری های به کار رفته در رژیم راستی‌آزمایی معاهده، توانمندی حقیقی دستگاه‌ها ناشناخته بماند. از این رو، نمی توان بدون شناخت کافی تن به تعهدات معاهده داد. در این راستا، با توجه به امضاکردن معاهده توسط کشورمان در ابتدایی‌ترین زمان ممکن، تنها یک راه حل برای حل این مشکل وجود دارد و آن این است که با استفاده از فرصت‌های تبادل علمی میان دانشمندان در این زمینه و با راه‌یابی به مراکز علمی، فنی و اجرایی سازمان معاهده میزان کارایی و عملکرد واقعی سامانه‌ها به دست آید. این داده‌ها می‌تواند بستر مناسبی برای تصمیم‌گیری بر اساس واقعیت‌ها باشد. علاوه بر این تا حصول این مهم، بایستی با مشارکت فعال و ارتباطات هوشمندانه با کارمندان ومتخصصان دبیرخانه بستری برای تبادل اطلاعات تخصصی پدید آید. کشورهای عضو معاهده و دارای فناوری‌های پیشرفته پایش انفجار به منظور مشارکت فعال در جهت تقویت سامانه‌ی پایش، به اجبار اطلاعات خود را در اختیار متخصصان دبیرخانه‌ی فنی قرارمی‌دهند. این مهم چارچوب مناسبی برای کسب دانش کافی برای تسلط بیشتر بر توانمندی‌های سامانه‌ی پایش، فراهم می‌سازد.

توانایی خاص کشورهای دارای تجربه‌ی گسترده در زمینه‌ی آزمایش

کشورهای دارای توانمندی آزمایش و تجربه‌ی تکرار آن، در مشارکت تخصصی و فنی برای ایجاد و ارتقای توانمندی پایش انفجارهای هسته‌ای ممکن است تمام توان خود را ارائه ندهند. بنابراین، رژیم راستی‌آزمایی برای آشکارسازی فعالیت‌های مخفیانه‌ی آنها در توسعه‌ی ابزارهای جدید و تمرین‌های میدانی برای توسعه‌ی توانایی آزمایش توانایی لازم را نداشته باشد. بنابراین، کشورهای دارای فناوری پیشرفته‌ی آزمایش در شرایط ویژه، اقدام به تداوم فعالیت‌های خود نموده و تنها دیگر کشورها را به تبعیت از مقررات معاهده فرا می‌خوانند (SIPRI, 1997). یعنی این که آزمایش‌ها بر اساس توانمندی خاص ادامه یافته و فناوری پایش آن در اختیار سازمان معاهده قرار

نخواهد گرفت. در این مورد ممکن است این فناوری‌های جدید در اختیار هم پیمانان منطقه‌ای کشورهای دارای سلاح هسته‌ای قرارگیرد و تهدیدی برای امنیت منطقه باشند. حتی در میان همسایگان، این امر توازن قوا را در منطقه به هم خواهد زد. زیرا از یک‌سو کشورمان به تعهدات معاهده‌ای خود پای‌بند است و تصورش بر پای‌بندی دیگر کشورهای منطقه بنا شده است، اما در مورد دیگران این امر صدق نمی‌کند.

راه حل تبدیل این تهدید به فرصت، پیدا کردن نقاط ضعف عملکرد پایشی رژیم راستی‌آزمایی معاهده است. به این صورت که در جلسات علمی و فنی حتی سیاسی، بر لزوم ارتقای توانمندی عملیاتی سامانه‌های پایشی تأکید گردد. از سوی دیگر، در مباحث علمی و فنی و ارائه‌ی گزارش‌های دبیرخانه، دقت لازم در حدی صورت پذیرد تا نقاط ضعف سامانه به قوت تبدیل گردد. در جلسات سیاسی نیز با روش‌های دیپلماتیک کشورهای دارای فناوری پیشرفته‌تر پایش به انتقال فناوری به سامانه‌ی پایش طوری ملزم گردند تا نکات مبهمی برای دیگر کشورهای عضو باقی نماند.

توانایی کشورهای دارای تجربه در فریب سامانه

جدا از تسلط بیشتر بر فناوری‌های پایشی برخی از کشورهای دارای تجربه در انجام آزمایش هسته‌ای، امکانات و تجارب ویژه‌ای در فریب سامانه‌ی پایش دارند. قطعاً این کشورها، توانمندی‌های خاص خود را به اشتراک نخواهند گذاشت. از سویی، ممکن است تنها انجام آزمایش با فریب سامانه برای آنها سودمند باشد؛ اما از سوی دیگر، برای دیگر کشورها مزیت نظامی ویژه‌ای از انجام آزمایش با فریب در شرایط خاص، وجود نداشته باشد (Jason, 1997). به این معنا که با محدودیت‌ها و خطرهایی که انجام یک فریب کامل دارد، این امر برای کشورهای دارای تجربه‌ی آزمایش ممکن و سودمند و برای دیگر کشورها مزیت قابل توجهی نداشته باشد (NAS, 2002: 46). از این رو، ممکن است با انجام پیشنهادهای قبلی راهی برای انتقال فناوری پایش به‌دست آید، اما با توانمندی فریب سامانه توزیع تعهدات نابرابر گردد. برای رهایی از این موضوع بایستی در طراحی تمرین‌های میدانی و مشخصات تجهیزات پایشی بازرسی از محل دقت کافی در طراحی سناریوی

بدترین حالت ممکن[1]،به کار رود. بنابراین، باید طراحی به نحوی صورت پذیرد تا فرض اصلی بر این باشد که ناقض احتمالی معاهده یک کشور دارای فناوری ویژه و مسلط بر راه‌های فریب بازرسان است. از این رو، بایستی در طرح‌های کلی بازرسی، رهیافت هایی برای مقابله با فریب سامانه‌های بازرسی تدوین گردد.

نشت اطلاعات روزمره طبیعی و نظامی کشورهای عضو

همان‌طور که در بخش‌های قبل اشاره گردید، فناوری‌های پایشی به کار رفته در رژیم راستی‌آزمایی معاهده، توانایی پایش حوادث و رخدادهای طبیعی و ساخت دست بشر را داراست. بسیاری از تحرکات و فعالیت‌های نظامی که در سراسر جهان انجام می‌گردند، امواجی مکانیکی تولید می‌کند که توسط شبکه‌های پایشی لرزه‌ای، فروصدا و هیدروآکوستیک قابل ردیابی ومکان‌یابی است. بر این اساس، در زمان حاضر یعنی در فرایند تکمیل و به طریق اولی با تکمیل این سامانه، فعالیت‌ها و مانورهای رزمی باید با دقت بیشتری صورت پذیرد. البته این موضوع که تمام تحرکات در هر سطحی قابل ردیابی و مکان‌یابی باشد، از نظر علمی قابل قبول نیست. زیرا همان‌طور که در فصول قبل بدان اشاره شد، اجزای سامانه هر کدام داری سطح آشکارسازی خاصی هستند و با پایین‌آوردن این سطح می‌توان رخدادهای بیشتری را پایش کرد. اما در سامانه این سطح آشکارسازی باید توجیه فنی داشته باشد. از سوی دیگر، با پایین‌آوردن سطح آشکارسازی، میزان وتعداد نوفه های موجود در علامت‌ها افزایش یافته و توان تحلیل و ردیابی را کاهش می‌دهد. بنابراین، میزان اهمیت رخداد خاص برای کشورهای دیگر صرف هزینه برای پایش آن راتعیین می‌کند. علاوه بر این، باید دقت داشت که کشورهای عضو معاهده علاوه بر سامانه‌ی پایش و فناوری‌های به‌کار رفته در ایستگاه‌های آن، دارای توانمندی پایش با استفاده از روش‌ها و ابزارهای دیگر نیز هستند. برای مثال، جابه‌جایی یک یگان و یا یک موشک در یک کشور هدف، با استفاده از ماهواره و یا هواپیماهای بدون سرنشین به راحتی قابل ردیابی است. از طرفی جاسوسی صنعتی نیز به عنوان یک راه میانبر برای دستیابی به اطلاعات موثق در دسترس است. حتی بر اساس مستندات

1- Worst Case Study

علمی ارائه شده در بخش‌های قبلی، سطح توانمندی پایش ملی برخی کشورها مانند ایالات متحده، بسیار بالاتر از سامانه‌ی پایش معاهده است.

آن‌چه در پایش گاز نجیب پرتوزا و توانایی تفکیک حوادث طبیعی و فعالیت‌های روزمره از انفجار بیان گردید، مؤید این مطلب است که شبکه‌ی پایش گاز زنون توانایی پایش فعالیت‌های هسته‌ای کشورهای جهان را نیز داراست. با نصب ایستگاه‌های پایش زنون حتی در وضعیت ناقص فعلی، امکان پایش شروع به کار، تدوام یا تعلیق فعالیت مراکز تولید برق هسته ای، مراکز تولید رادیودارو و راکتورهای تحقیقاتی وجود دارد. حتی فرایندهای فرآوری هدف‌های تحت تابش قرار گرفته و فراوری گازهای متصاعد شده نیز قابل ارزیابی است.

برای مقابله با این تهدید ابتدا باید این تهدید را به درستی شناسایی و ارزیابی فنی کرد. به این معنا که با تسلط علمی و فنی کامل بر توانمندی فناوری‌های پایشی، نقاط ضعف و قوت آن بازشناسی گردد. علاوه بر این با شناسایی کامل این تهدید راه‌های فریب این فناوری‌ها با استفاده از فناوری‌های جدید مورد کاربرد وسیع قرارگیرد. این امر موجب آن خواهد شد تا با مطالعه‌ی دقیق در نوع تحرکات کشورهای متخاصم در مانورهای نظامی در جنگ‌هایی منطقه ای بر راه‌های فریب سامانه تسلط بهتری ایجاد گردد.

از سوی دیگر، یک نگرانی برای درز اطلاعات دفاعی در زمینه‌ی فعالیت‌های دفاعی صلح‌آمیز کشورمان از طریق ارتباط سرویس‌های جاسوسی بیگانه با متخصصان دفاعی، وجود دارد. در این زمینه باید توجه داشت که کشورهای دارای برنامه‌های بلند مدت ساخت و آزمایش سلاح نیز با این تهدید روبه‌رو هستند. باید در نظر داشت که اطلاعات این کشورها بسیار ارزشمند و راهبردی است و درز آن اثرات جبران‌ناپذیری بر امنیت کشورهای دارای سلاح خواهد گذاشت. پس باید یک طرح جامع امنیت ارتباط با متخصصان خارجی برای کانالیزه کردن یک‌سویه‌ی اطلاعات به سمت خود و هدایت هوشمندانه اطلاعات طرح‌ریزی شده به خارج، تدوین وعملیاتی شود.

ناهمگن بودن پوشش شبکه‌ی پایش در نقاط مختلف جهان

همان‌طور که در بخش‌های قبل بدان اشاره گردید، چینش اجزای شبکه‌ی پایش بر اساس نگرانی‌های نمایندگان مذاکره‌کننده در کنفرانس خلع سلاح به خصوص کشورهای صاحب فناوری، تدوین گردید. این چینش در شرایطی صورت گرفت که سایت‌های آزمایش هسته‌ای در ۵ کشور جهان هم‌چنان برپا بودند. نگرانی از تداوم انجام آزمایش در این سایت‌ها از سوی خود کشورهای دارای سلاح نیز تأثیر عمده‌ای بر مکان‌نمایی نهایی ایستگاه‌ها داشت. اما همان‌طور که ذکر شد، فرصت آشکارسازی برابر طرحی بود که مورد پذیرش همه‌ی نمایندگان قرارگرفت. چالش روسیه در جابه‌جایی مکان ایستگاه مربوط به سایت آزمایش نوادای آمریکا نیز در نهایت حل شد. اما نکته‌ی بسیار مهم اینجاست که شرایط جغرافیایی زمین در کشورهای دارای ایستگاه و همچنین شرایط آب و هوایی و تغییرات زمین در این چند ساله را نباید فراموش کرد. ازسوی دیگر، پیشرفت علم و فناوری باعث شده تا ایستگاه‌ها از توانایی بیشتری نسبت به آن چه برای آنها هدف‌گذاری شده، برخوردار باشند. نباید از ذهن دور داشت که هم‌افزایی میان فناوری‌های پایشی باعث ایجاد تغییرات اساسی در میزان حساسیت ایستگاه‌ها گردیده است. همان‌طور که توسط گزارش آکادمی ملی علوم آمریکا نیز تأیید گردید، میزان حساسیت سامانه و سطح آشکارسازی در نقاط مختلف جهان متفاوت است.

نتیجه‌گیری

همان‌طور که از نتایج بررسی‌ها به نظر می‌آید، پایش انفجار هسته‌ای در سراسر جهان دارای چالش‌های مختلفی است. این امر بدین معناست که معاهده‌ی منع جامع آزمایش‌های هسته‌ای تا لازم‌الاجرا شدن مسیری طولانی در پیش دارد. هر چند با تکمیل روزافزون سامانه‌ی بین‌المللی پایش و پیشرفت روزآمد علم وفناوری این مسیر به سرعت در حال طی شدن است. آزمایش هسته‌ای کره‌ی شمالی از دیدگاه سیاسی و امنیتی نامطلوب بود، اما زمینه‌ی مناسبی برای بررسی میزان مؤثر بودن سامانه‌ی بین‌المللی پایش که تا آن زمان تنها ٦٠٪ تکمیل گردیده بود، فراهم کرد. در حقیقت آشکارسازی و تشخیص یک انفجار هسته‌ای با قدرت کمتر از یک

کیلو تن توسط امواج لرزه‌ای و گازهای نجیب پرتوزا توانایی راستی‌آزمایی سامانه‌ی بین‌المللی پایش را نشان داد. هرچند اگر معاهده در آن زمان لازم‌الاجرا بود، انجام یک عملیات بازرسی از محل بسیاری از شبهات و ابهام‌های موجود را رفع کرده و به دقت اندازه‌گیری ارتقایی مناسب می‌بخشید (CRS, 2009). این مهم بر نقش بسیار با اهمیت بازرسی از محل و موضوعات علمی و سیاسی مربوط به آن را مورد تأکید قرارداده است. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت در صورت همراهی کشورهای صاحب فناوری پایش، روند روزافزون توسعه و تکمیل رژیم راستی‌آزمایی معاهده سرعت خواهد گرفت. اما هم‌چنان این وابستگی فناورانه به کشورهای دارای فناوری آزمایش هسته‌ای و پایش اثرات آن، امر نامطلوبی به‌شمار می‌رود. در برنامه‌های کلان راهبردی و امنیتی ابرقدرت‌ها، این تفاوت سطح فناورانه ابزارهای پایش سازمان معاهده و آنچه آنها در اختیار دارند، برگ برنده‌ای ارزشمندی است. علاوه بر این، تهدیدهای حاصل از ناتوانی رژیم در پایش انفجار هسته‌ای متضمن تهدیدهای مختلفی است که از دیدگاه فناورانه بسیار با اهمیت هستند. هر چند این تهدیدها دارای پایه‌ای فناورانه هستند، اما اغلب در فضای امنیت ملی کشورهای دارای توانمندی کمتر، بسیار حیاتی تلقی می‌گردند. اما باید نیم‌نگاهی نیز به روش‌های مختلف کاهش تهدید داشته باشیم. در این زمینه، تخصیص بودجه برای دستیابی به فناوری‌های پایش با همکاری علمی با سازمان معاهده، توسط نهادهای فناوری محور دفاعی و پشتیبانی صنایع نظامی باید مورد توجه قرارگیرد تا از این طریق فاصله میان سطح فناوری در کشورمان با آن چه در سازمان معاهده به خدمت گرفته می‌شود، هر چه کمتر شود.

منابع

انگلیسی

1- National Academy of Sciences, (2002), "***Research Required to Support Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty Monitoring***", National Academy Press, Washington DC.availabla at http://www.nap.edu/catalouge/10471.

2- Kristensen, Hans M. and Ivan Oelrich, (2009), "***Lots of Hedging, Little Leading: An Analysis of the Congressional Strategic Posture Commission Report***", Arms Control Today, June.

3- Hafemeister . D.,(2002), "***National Academy of Sciences Study on the Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty***", www.NAP.edu /Hafemsister.

4- Kimball.Daryl.,(2006),"***The CTBT: Achievements, Challenges, and Opportunities***". www.Armscontrol.org

5- Hafemeister .D, (2009), "***CTBT Evasion Scenarios: Possible or Probable?***", *CTBTO Spectrum 13*.

6- Hafemeister, "***CTBT Evasion Scenarios: Possible or Probable?***".

7- Lynn R. Sykes, (2000) "***False and Misleading Claims about Verification during the Senate Debate on the Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty***", Journal of the Federation of American Scientists 53,Bwww.fas.org/faspir/v53n3.htm.

8- Hafemeister D., (1997) "***The Case for the Comprehensive Test Ban Treaty***", FAS Public Interest Report 50.

9- O'Hanlon, Michael, (2008) "***Resurrecting the Test-Ban Treaty***", Survival 50 (February_March).

10- Lynn R. Sykes, "***Four decades of progress in seismic identification help verify the CTBT***", Eos, Transactions.

11- "***American Geophysics Union (AGU)***", (2002), vol. 83, no. 44.

12- Richards PG, Zavales J (1990) "***Seismic Discrimination of Nuclear Explosions***", Annual Review of Earth and Planetary Sciences 18: 257–286 Bowers. D.et al.P.A. Geo. Phys.159.(4)2002.

13- Paul, G.Richards, Wang, Y.Kim, (2009) "***Monitoring for Nuclear explosion***", Scintific America, March.

14- Carrigan, C.R., R.A. Heinle, G.B. Hudson, J.J. Nitao and J.J. Zucca (1996): "***Trace gas emissions on geological faults as indicators of underground nuclear testing. Nature***".

15- Bowyer, T.W., C. Schlosser, K.H. Abel, M. Auer, J.C. Hayes, T.R. Heimbigner, J.I. McIntyre, M.E. Panisko, P.L. Reeder, H. Sartorius, J. Schulze and W. Weiss (2002): "***Detection and analysis of xenon isotopes for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty international monitoring system***", Journal of Environmental Radioactivity59.

16- Fontaine, J.P.; Pointure, F.; Blachard, X.; Taffary, (2004) T. "***Atmospheric xenon radioactive isotope monitoring***". J Environ Radioactivity, 72.

17- Kalinowski, M.B.; Pistner, Ch. (2006), "***Isotopic signature of atmospheric xenon released from light water reactors***". J Environ Radioactivity, 88, 215. DOI: 10.1016/j.jenvrad. 2006.02.003.

18- Kalinowski, M.B.; Erickson, L.H.; Gugle, G.J. (2005), "***Preparation of a Global Radioxenon Emission Inventory***". Understanding Sources of Radioactive Xenon Routinely Found in the Atmosphere by the International Monitoring System for the Comprehensive Nuclear-Test-Ban Treaty. Reseach Report ACDIS KAL:1.

19- Kalinowski, M.B. "***Characterisation of prompt and delayed atmospheric radioactivity releases from underground nuclear tests at Nevada as a function of release time***". J Environ Radioactivity.

20- Wotawa, G.; De Geer, L.-E.; Denier, P.; Kalinowski, M.; Toivonnen, H.; D'Amours, R.; Desiato, R.; Issartel, J.-P.; Langner M.;Seibert, P.; Frank, A.; Sloan, C.; Yamazawa, H. (2003), "***Atmospheric transport modelling in support of CTBT Verification***"— Overview and basic concepts Atmospheric Environ.

21- Kalinowski, M.B. "***Nuclear explosion time assessment based on xenon isotopic activity ratios***". Appl Radiat Isotopes.

22- Ham F.M., T.A. Leeney, H.M. Canady, J.C. Wheeler, (1999), "***Discrimination of volcano activity using infrasonic data and a backpropagation neural network***", in: K.L

Priddy, P.E. Keller, D.B. Fogel, J.C. Bezdek (Eds.), Proceedings of the SPIE Conference on Applications and Science of Computational Intelligence II, vol. 3722, FL, USA.

23- Ham F.M., T.A. Leeney, H.M. Canady, J.C. Wheeler, (1999), "***An infrasonic event neural network classifier***", 1999.International Joint Conference on Neural Networks, Session 10.7, Paper No. 77, Washington, DC, July10–16.

24- Ham F.M., S. Park, (2002), "***A robust neural network classifier for infrasound events using multiple array data***", in: TheProceedings of the 2002World Congress on Computational Intelligence—International Joint Conference on Neural Networks, Honolulu, Hawaii, May 12–17.

25- Jones S. L. and F. N. von Hippel, (1997) "***Transparency Measures for Subcritical Experiments under the CTBT***", *Science and Global Security* 6.

26- Kristensen Hans M. and Ivan Oelrich, "***Lots of Hedging, Little Leading: An Analysis of the Congressional Strategic Posture Commission Report***", Arms Control Today, June 2009.

27- Richards P. R. and W. Y. Kim, (1997), "***Testing the Nuclear Test-Ban Treaty***", *Nature* 389 (October 23).

28- Sidney Drell, et al., (1995), "***Nuclear Testing: Summary and Conclusions***", JASON report, JSR-95-320, MITRECorporation, August , www.fas.org /programs /ssp / nukes /testing /jsr-95-320testrpt.html.

29- Ledogar Stephen J., (1995), "***statement prepared for the Senate Committee on Foreign Relations***, Final Review of the Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty, 106th Congress., October 7.

30- Foster John, letter cited in Medalia, "***Comprehensive Nuclear – Test - Ban Treaty***": Issues and Arguments.

31- Bailey Kathleen and Robert Barker, (2003), "***Why the United States Should Unsign the Comprehensive Test Ban Treaty and Resume Nuclear Testing***", Comparative Strategy 22 (April).

32- Grossman Elaine, (2007) "***Senior U.S. General Sees High Nuclear Threshold***", Global Security Newswire, October 22, 2007, Bgsn.nti.org /gsn /GSN_20071022_58872303.php_.

33- Takano, M. and V. Krioutchenkov (2001): "***Technical methods employed for the On-Site Inspection***". Kerntechnik 66/3.

34- CTBT/WGB-21/INF.5 (2003).

35- "***Bulletin of the Atomic Scientists and Disarmament Diplomacy***", September (2008).

36- CTBT/WGB/TL 18-44

37- CTBT/WS/EVAL/EVAL-16.

38- CTBT/PTS/TR/2011-1.

39- Mazzetti Mark, (2006) "***Preliminary Samples Hint at North Korean Nuclear Test***", *New York Times*, 14 October 2006.

40- Pearce Robert G., (2007) "***North Korea: a real test for the CTBT Verification System?***", *CTBTO Spectrum*, no. 9.

41- "***North Korean nuclear test,'Technial Briefing***", Date:11 Oct (2009). Available at: WWW.CTBTO.org/ECS.

42- Becker Andreas, G. Wotawa and P.R.J. Saey, (2007), "***On the meteorological situation governing the emission andatmospheric transport conditions during the announced***, October 2006 event in North Korea", *Geophysical Research Abstracts*, vol. 9.

43- Saey P.R.J., M. Bean, A. Becker, J. Coyne, R. d'Amours, L.-E. De Geer,R. Hogue, T.J. Stocki, R.K. Ungar and G. Wotawa, (2007), "***A long distance measurement of radioxenon in Yellowkife, Canada, in late October 2006***", Geophysical Research Letters, vol. 34, ,L20802.

44- Richards PG, Kim W-Y (2007) "***Seismic signature. Nature Physics***".

45- Kim W-Y, Richards PG (2007), "***North Korean Nuclear Test: Seismic discrimination at low yield***". EOS – Transactions of the American Geophysical Union 88(14).

46- "***CIA says North Korea nuclear test a failure: report***", Reuters, 28 March (2007).

47- Chi-dong, (2006), "***N. Korea claims success in nuclear test***", Yonhap News, 9 October.

48- Richard L. Garwin and Frank N. von Hippel, (2006), "***A Technical Analysis: Deconstructing North Korea's October 9 Nuclear Test***", Arms Control Today, vol. 36, no. 9.

49- Sanger David E. and Thom Shanker, (2007), "***Rice Is Said to Have Speeded North Korea Deal***", New York Times, 16 February 2007; and Nicola Butler, "North Korea Nuclear Agreement: Can it Work?", Disarmament Diplomacy, no. 84, The Acronym Institute.

50- Fifi eld Anna, (2007), "***N Korea agrees to shut nuclear plant***", Financial Times,13 February.

51- Johnson, Rebecca, "***Unfinished Business: The Negotiation of the CTBT and the End of Nuclear Testing***".

52- Saey P.R.J., etai., (2006), "***A long distance measurement of radioxenon in Yellowkife***", Canada, in late October.

53- Congressional Research Service, R41160, "***North Korea's 2009 Nuclear Test: Containment***", Monitoring, Implications, available at:www.crs.gov.

54- "***The Comprehensive Test Ban Treaty: The Way Forward?***" (2001), SAND 98-0505/23,November.

55- "***Nuclear Weapons after the Comprehensive Test Ban: Implications for Modernization and Proliferation***", (1996),SIPRI.

56- JASON, (1995), "***Nuclear Testing Study***", Arms Control Today, September.

57- JASON, Pit Lifetime (2006) (McLean, VA: MITRE Corporation, November 20).

58- Coghlan Jay Labs Seek "***Stockpile Modernization***" Through Test Ban Ratification.

59- ***"Nuclear Watch NM***", 505.989.7342, c. 505.920.7118,September 4, (2009).

60- Kidder R.E., (1991) "***Assessment of the Safety of US Nuclear Weapons and Related Nuclear Test Requirements***": A Post–Bush Initiative Update(LLNL, December 1991).

61- . Norris Robert S, (1996), "***French and Chinese Nuclear Weapon Testing***", Security Dialogue 27, no.1 (March 1996).

62- Hafemeister David, (2007), "***How Much Warhead Reliability Is Enough for a Comprehensive Nuclear Test Ban Treaty?***", PHYSICS AND SOCIETY, Vol. 36, No.2 April.

63- Cochran Thomas B. and Christopher E. Paine, (1995), "***The Role of Hydronuclear Tests and Other Lowyield Explosions and Their Status under A Comprehensive Test Ban***", NRDC.

64- http://***www.nukewatch.org***/importantdocs/resources/SafeguardingModernization.pdf.

65-Garwin R. L., (1995), "***The Arms Control Reporter***", 608.B.362, 608.B.392, 1996; "A Report on Discussions Regarding the Need for Nuclear Test Explosions to Maintain French Nuclear Weapons under a Comprehensive Test Ban".