

SURA-4 ؛ نمونه اولیه آرایه رادیویی دانشگاه سمنان

رستگارزاده، گوهر^۱؛ سبوحی، محمد^۱؛ مصطفوی، مریم^۱؛ مقدادی، حمید^۲

^۱دانشکده فیزیک ، دانشگاه سمنان ، سمنان

^۲دانشکده مهندسی برق و کامپیوتر ، دانشگاه سمنان ، سمنان

چکیده

نمونه اولیه آرایه رادیویی دانشگاه سمنان متشکل از ۴ آنتن لوگ پریودیگ بر پشت بام دانشکده فیزیک دانشگاه سمنان فعالیت خود را آغاز نموده است. این آرایه به عنوان اولین آزمایش در نوع خود در خاورمیانه سعی در آشکارسازی امواج رادیویی ناشی از ورود یک ذره پر انرژی کیهانی به جو زمین دارد. در حالت فعلی آرایه رادیویی دانشگاه سمنان به صورت خودکار و بدون استفاده از سایر روش های آشکارسازی اقدام به ثبت، ذخیره سازی و تحلیل برخط داده های رادیویی می نماید. در این پژوهش به بررسی اجمالی اطلاعات فنی این آرایه خواهیم پرداخت و نتایج فعالیت های صورت گرفته در این مرحله را به بحث خواهیم گذاشت.

SURA 4 ; First prototype of Semnan University Radio Array

Rastegarzadeh, Gohar¹; Sabouhi, Mohammad¹; Mostafavi, Maryam¹; Meghdadi, Hamid²

¹ Physics Faculty, Semnan University, Semnan

² Electrical and computer engineering Faculty, Semnan University, Semnan

Abstract

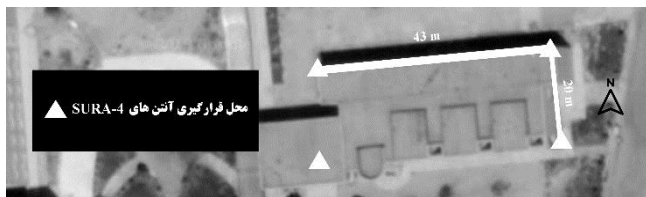
The first prototype of Semnan University Radio Array consist of 4 Log Periodic Dipole Antenna has started its operation on the roof of Semnan university physics faculty. As the first cosmic ray radio detection site in Middle East, the ultimate goal of this array is to detect the radio emitted signals from secondary particles produced as a result of a cosmic ray entering the earth atmosphere. In this phase, the array works as a self-trigger experiment and analyzes radio signals with no need to other detection techniques. In this study we briefly investigate the technical specifications and discuss the results of this stage of the experiment.

PACS No. 90.95

مقدمه

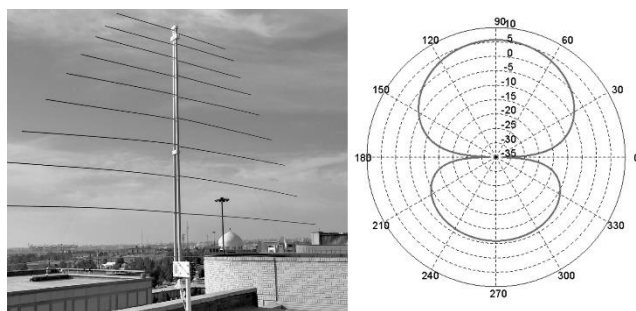
که در نتیجه ورود پرتو های کیهانی به جو زمین و به دلیل فعل و انفعالات پدید آمده باید انتظار انتشار سیگنال های رادیویی در بازه مگاهرتز را داشته باشیم [۲-۳]. دامنه این سیگنال ها رابطه ای مستقیم با انرژی ذره اولیه پرتو کیهانی دارد. در نتیجه، بررسی مشخصات پالس های رادیویی می تواند منجر به کسب اطلاعات ارزشمندی در خصوص ویژگی های بخش الکترو مغناطیسی یک بهمن گسترده هوایی شده و در نهایت منجر به تعیین پارامتر های مهم یک ذره اولیه همچون انرژی، نوع و جهت ورود آن گردد [۴].

بررسی مشخصات پرتو های کیهانی پر انرژی که به طور مداوم وارد جو زمین می شوند همچنان از مهم ترین موضوعات مورد علاقه پژوهش گران فعال در حوزه اختر فیزیک به شمار می رود. روش های مختلفی در طی سالیان متمادی برای بررسی این پدیده به کار گرفته شده است [۱]. به دلیل مشکلات موجود در هر کدام از این ساز و کار ها، جست و جو برای یافتن روش های نوین آشکارسازی همواره در جریان بوده است. نتایج تحقیقات دانشمندان نشان داده



شکل ۱: نحوه قرار گیری آنتن های آرایه SURA-4 بر روی پشت بام دانشکده فیزیک دانشگاه سمنان

آرایه دانشگاه سمنان طراحی، ساخته و بر روی پشت بام دانشکده نصب گردید. به جهت حفظ اختصار در این مقاله صرفاً به بررسی آنتن های لوگ پرئودیک و نتایج حاصل از آنها خواهیم پرداخت. مشخصات فنی آنتن نوع دیگر به همراه سایر بحث های فنی در مقاله دوم به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است. آنتن های لوگ پرئودیک به دلیل حساسیت بالاتر به امواج ساطع شده از جهت آسمان و همین طور قدرت بالاتر در دریافت پالس های رادیویی از بهترین انواع آنتن برای آشکارسازی رادیویی پرتو های کیهانی به شمار می روند. در نتیجه طراحی های رایانه ای، دسته اول آنتن های لوگ پرئودیک شامل چهار آنتن برای آرایه SURA-4 طراحی، ساخته و در مکان مورد نظر نصب گردید. این آنتن ها که در تصویر ۲ سمت چپ قابل مشاهده است به طور ویژه به سیگنال های ساطع شده در باند فرکانسی ۳۰-۸۰ مگاهرتز حساس هستند.



شکل ۲: از چپ به راست: یکی از آنتن های آرایه SURA-4 و الگوی تابشی عمودی این آنتن

به منظور بررسی نحوه عملکرد آنتن های رادیویی در بازه فرکانسی مورد نظر، یک پالس رادیویی با مشخصات از پیش تعیین شده به آنتن ارسال و میزان سیگنال بازگشتی از آنتن مورد محاسبه قرار گرفت. همان طور که در شکل ۳ نشان داده شده است، میزان

آشکارسازی رادیویی پرتو های کیهانی به خصوص در دهه گذشته تحولات زیادی را تجربه کرده است [۴]. در نتیجه فعالیت های صورت گرفته در هر دو بخش نظری و تئوری از این روش در آزمایشگاه های گوناگون استفاده شده است. گروه پرتو های کیهانی دانشگاه سمنان نیز پس از انجام مطالعات گسترده در این حوزه که منجر به انتشار مقالات متعدد در کنفرانس های بین المللی [۱۰-۵] گردید، فاز نخست فعالیت آرایه رادیویی دانشگاه سمنان را آغاز نمود. هرچند آزمایشگاه های مختلف سال ها است که از این روش برای آشکارسازی پرتو های کیهانی استفاده می کنند با این وجود اما ساخت و توسعه یک آرایه رادیویی خودکار که بدون نیاز به سایر روش ها، امکان ثبت و تحلیل داده های رادیویی را داشته باشد و در نهایت بتواند آشکارسازی پرتو های کیهانی را با موفقیت انجام دهد، پیچیدگی های فنی فراوانی دارد.

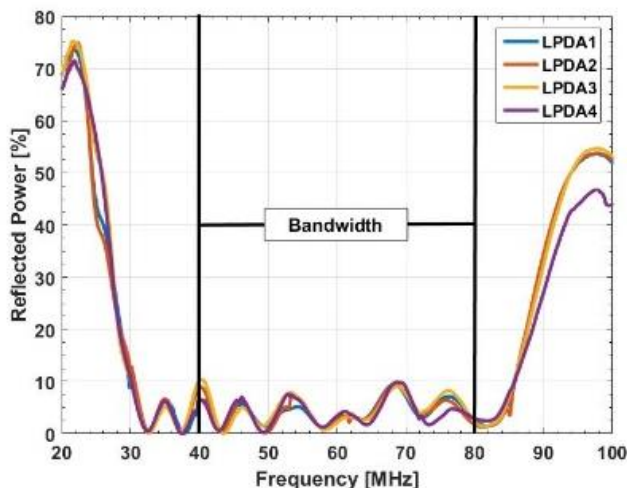
آرایه رادیویی دانشگاه سمنان

آرایه رادیویی دانشگاه سمنان (SURA) ^۱ به عنوان اولین آزمایش از نوع خود در خاورمیانه سعی در آشکارسازی پرتو های کیهانی به وسیله ثبت و تحلیل سیگنال های رادیویی ساطع شده از آن ها در نتیجه برخورد با جو زمین دارد. نمونه اولیه این آرایه که به اختصار SURA-4 نام گذاری شده است، مجموعه ای از ۴ آنتن رادیویی و تجهیزات وابسته را شامل می شود که در مجموع به صورت کاملاً خودکار نسبت به ثبت، تحلیل و ذخیره سازی داده های رادیویی به منظور امکان آشکارسازی پرتو های اقدام می کند. بررسی های دقیقی برای تعیین تجهیزات مورد نیاز گام اول آرایه صورت پذیرفت. همچنین مقدمات لازم برای استقرار تجهیزات رادیویی در دانشگاه سمنان فراهم آمد. در نهایت پس از استقرار آنتن ها و ایجاد ارتباطات لازم بین واحد های مختلف داده گیری، شرایط برای فعالیت آرایه مهیا گردید. تصویر ۱ موقعیت آنتن های آرایه SURA-4 بر روی پشت بام دانشکده فیزیک را نشان می دهند. آنتن های رادیویی بخش جدایی ناپذیر هرگونه آشکارسازی به این روش هستند. به همین دلیل و در نتیجه مطالعات صورت گرفته دو نوع مشخص از انواع آنتن ها برای

¹ Semnan University Radio Array (sura.semnan.ac.ir)

شرط های مورد نظر بر روی سیگنال های رادیویی و حذف داده های اضافی اقدام نمود.

چالش اساسی در آرایه های رادیویی که به صورت خودکار فعالیت می کنند، شناسایی سیگنال های مرتبط با پرتو های کیهانی ضمن حذف پالس های دریافت شده از منابع مختلفی است که به



شکل ۳: توان بازگشتی آنتن های SURA-4

دلایل مختلف اقدام به انتشار سیگنال های رادیویی در محدوده کاری آزمایش می نمایند. به همین منظور، مجموعه ای از پیش شرط های مختلف در آرایه SURA-4 برای شناسایی هرچه بهتر سیگنال های مربوط به پرتو های کیهانی استفاده شده است.

داده های مقدماتی نشان می دهند که علیرغم پیش بینی های اولیه بازه فرکانسی ۴۰-۸۰ مگاهرتز در محل آزمایش دارای نویز های محیطی قابل توجهی است [۱۱]. به دلیل تابش های موجود، نویز محیطی توسط آنتن های SURA-4 به صورت خام در محدوده میلی ولت اندازه گیری شده است که این موضوع امکان آشکارسازی سیگنال های رادیویی مرتبط به پرتو های کیهانی کم انرژی تر که طبیعتاً از شار بالاتری نیز برخوردار هستند را تا حدود زیادی کاهش می دهد. به همین منظور و با بهره گیری از قابلیت های آرایه دریچه ای برنامه پذیر میدانی، یک برنامه اختصاصی برای آرایه SURA-4 توسعه داده شده است. روند کاری این برنامه به صورت خلاصه در شکل ۳ آورده شده است. این مراحل در مقاله دوم گروه

سیگنال بازگشتی از آنتن های SURA-4 در بازه فرکانسی ۴۰ تا ۸۰ مگاهرتز برای هر ۴ آنتن زیر ۱۰ درصد است و این مقدار در فرکانس های زیر ۳۰ و بالای ۸۰ مگاهرتز افزایش می یابد. این مورد طراحی مناسب هر ۴ آنتن و حساسیت آن ها به فرکانس کاری مورد نظر را به خوبی نشان می دهد. بدیهی است که دریافت سیگنال های رادیویی توسط آنتن های آرایه SURA-4 تنها اولین گام در مراحل مورد نیاز برای ثبت داده هایی است که در نهایت بتوان آن را به یک پرتو کیهانی نسبت داد.

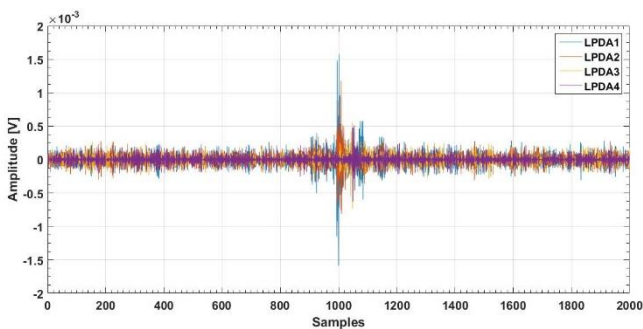
در حال حاضر سیگنال های دریافت شده توسط آنتن های رادیویی توسط کابل های کواکسیال به مرکز تحلیل داده واقع در آزمایشگاه پرتو های کیهانی منتقل می شوند. به همین جهت و به منظور حفظ پالس های رادیویی ضعیف و جلوگیری از میرایی آن ها در مسیر انتقال، از یک تقویت کننده بهره گرفته شده است. علاوه بر ابزاری که به صورت تجاری برای این منظور تهیه شده است یک نمونه آزمایشگاهی نیز که با ولتاژ کاری پایین تر قادر است به میزان قابل توجهی سیگنال های دریافتی را تقویت کند نیز ساخته شده و مراحل تست را پشت سر می گذارد. علاوه بر این از یک فیلتر میان گذر نیز برای پاکسازی هرچه بهتر پالس های دریافتی در بازه فرکانسی مورد نظر بهره گرفته شده است. مشخصات فنی این واحدها در مقاله دوم گروه شرح داده شده است.

بعد از گذر سیگنال های رادیویی از تقویت کننده و فیلتر میان گذر، داده های خام به مرکز تحلیل داده منتقل می شوند. یکی از چالش های اساسی در آشکارسازی رادیویی پرتو های کیهانی، طول عمر بسیار کوتاه پالس های رادیویی تولید شده است که زمانی در حدود ۲۰ تا ۱۰۰ نانو ثانیه را شامل می شود. به همین دلیل نیازمند ابزار های بسیار سریع و دقیق برای آشکارسازی این سیگنال ها می باشیم. مجموعه ابزارهای دریافت و تحلیل داده های SURA-4 از یک مبدل آنالوگ به دیجیتال با توان تفکیک بالا بهره می برد.

پالس های دیجیتالی در گام بعدی وارد بخش تحلیل داده می شوند که شامل یک آرایه دریچه ای برنامه پذیر میدانی^۱ است. با استفاده از قابلیت های این بخش می توان به صورت برخط نسبت به اعمال

¹ Field Programmable Gate Array (FPGA)

صورت خودکار اقدام به دریافت، تحلیل و ثبت داده هایی که احتمال می رود ناشی از ورود پرتو های کیهانی به جو زمین باشند،



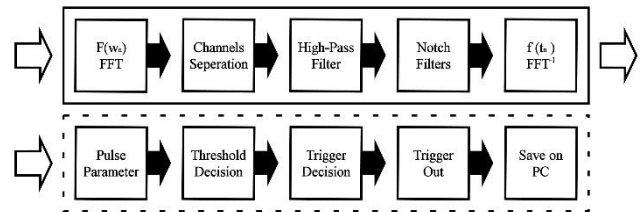
شکل ۵: یک نمونه از رخدادهایی که به صورت خودکار توسط آرایه SURA-4 به ثبت رسیده است

می نماید. برای فعالیت آرایه در این مرحله از ۴ آنتن لوگ پریودیک به طور اختصاصی برای این آزمایش طراحی و ساخته شده اند بهره برده ایم. داده های رادیویی بعد از دریافت توسط آنتن ها، توسط یک ابزار تقویت کننده تا میزان قابل توجهی تقویت می شوند. همچنین از یک فیلتر میان گذر نیز برای حذف نمودن سیگنال های ناخواسته خارج از محدوده کاری آزمایش نیز استفاده شده است. در نهایت با بهره گیری از یک آرایه درجه ای برنامه پذیر میدانی، ضمن توسعه یک برنامه اختصاصی، داده های رادیویی به صورت برخط مورد تحلیل قرار گرفته و رخدادهایی که احتمال می رود ناشی از ورود یک پرتو کیهانی به جو زمین باشند به صورت خودکار برای تحلیل های بعدی بر روی رایانه ذخیره می شوند.

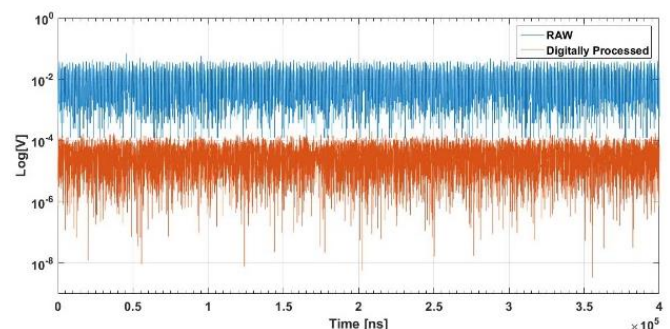
مرجع ها

- [1] Kampert, Karl-Heinz, and Michael Unger. *Astroparticle Physics* **35.10** (2012): 660-678.
- [2] Jelley, J. V., et al. *Nature* **205.4969** (1965): 327.
- [3] Allan, H., JG Wilson & SG Wouthuysen eds." (1971): 169.
- [4] Falcke, Heino, P. Gorham, and R. J. Protheroe. *New Astronomy Reviews* **48.11-12** (2004): 1487-1510.
- [5] M.Sabouhi, G.Rastegarzadeh. In: Proceedings of the 34th International Cosmic Ray Conference (ICRC2015), The Netherlands, POS 473
- [6] M.Sabouhi, G.Rastegarzadeh. In: Proceedings of the 34th International Cosmic Ray Conference (ICRC2015), The Netherlands, POS 474
- [7] M.Sabouhi, G.Rastegarzadeh. In: Proceedings of Iranian Annual Physics Conference}, (Mashhad , Iran, 2015), P553.
- [8] M.Sabouhi, G.Rastegarzadeh. In: Proceedings of the 35th International Cosmic Ray Conference (ICRC2017), South Korea, POS 567
- [9] M. Sabouhi, G. Rastegarzadeh , In: Proceedings of the 34th International Cosmic Ray Conference, 2017, South Korea, POS 568.
- [10] M.Sabouhi, G.Rastegarzadeh. In: Proceedings of Iranian Annual Physics Conference , Yazd , Iran, 2017, P313.
- [11] M.Sabouhi, G.Rastegarzadeh. In: Proceedings of Iranian Annual Physics Conference, Qazvin , Iran, 2018, P172.

به تفصیل مورد بررسی قرار گرفته است. به طور خلاصه، پس از اعمال شرط های مورد نظر و بررسی داده های دریافتی، در صورتی که یک پالس با دامنه مشخص توسط آنتنی که به عنوان آنتن اصلی در مجموعه آرایه در نظر گرفته شده دریافت گردد، تعداد مشخصی نمونه از آنتن های دیگر در یک پنجره زمانی تعیین شده برای بررسی هم زمانی مورد نظر سیگنال های رادیویی ، در رایانه ثبت می گردد.



شکل ۳: مراحل تحلیل و ثبت آنلاین رخداد های رادیویی در آرایه SURA-4 همان طور که در شکل ۴ مشخص است پس از اعمال این مراحل میزان نویز محیطی به مقدار قابل توجهی کاهش می یابد و در محدوده میکرو ولت قرار می گیرد.



شکل ۴: داده های خام و پردازش شده رادیویی در آرایه SURA-4

یک نمونه از رخدادهایی که به صورت خودکار توسط آرایه SURA-4 به ثبت رسیده است ، در شکل ۵ آورده شده است. همان گونه که در این مشخص است ، دامنه سیگنال دریافتی از آنتن یک که به عنوان پایگاه اصلی در نظر گرفته شده است ، از مقدار تعیین شده در برنامه عبور کرده و به دلیل مثبت بودن سایر شروط تعیین شده، تعداد ۱۰۰۰ نمونه از تمام آنتن ها قبل و بعد از این رخداد در رایانه به ثبت رسیده است.

جمع بندی

نمونه اولیه آرایه رادیویی دانشگاه سمنان (SURA-4) به عنوان اولین آزمایش در حوزه آشکارسازی رادیویی پرتو های کیهانی در خاورمیانه کار خود را آغاز نموده است. در حال حاضر این آرایه به