

भू-चुंबकीय सक्रियता सूचकांक (Ap) और (Kp) का 1996 से 2024 तक अध्ययन

राहुल कुमार जैन एवं महेन्द्र सिंह

भौतिक विज्ञान विभाग, शासकीय मोतीलाल विज्ञान महाविद्यालय, बरकतउल्लाह विश्वविद्यालय, भोपाल, मध्य प्रदेश 462 003 (भारत)
[ई-मेल: jainrahulpali1990@gmail.com]

सारांश

इस शोध पत्र में हमने अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (Cosmic ray intensity), सूर्य धब्बों की संख्या (Sun spot number), अन्तराग्रहीय चुंबकीय क्षेत्र (Interplanetary magnetic field), विक्षोभ तूफान समय सूचकांक (Disturb Storm time index) और भू-चुंबकीय सक्रियता सूचकांक (Geo-magnetic activity indices) (Ap) और (Kp) का 1996 से 2024 तक एक सहसंबंधात्मक अध्ययन किया। (CRI) का डेटा मॉस्को न्यूट्रॉन मॉनीटर स्टेशन से (Moscow neutron monitor station) लिया गया है। (SSN, IMF, DST, Ap और Kp) का डेटा (omniweb.gsfc.nasa.gov) से लिया गया है। अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI), (SSN, IMF, Ap और Kp) के साथ उच्च नकारात्मक सहसंबंध प्रदर्शित करती है। (CRI), (DST) के साथ उच्च सकारात्मक सहसंबंध प्रदर्शित करती है।

मुख्य शब्द : अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI), सूर्य धब्बों की संख्या (SSN), अन्तराग्रहीय चुंबकीय क्षेत्र (IMF), विक्षोभ तूफान समय सूचकांक (DST), भू-चुंबकीय सक्रियता सूचकांक (Ap) और (Kp)

Study of Geo-magnetic activity indices (Ap) and (Kp) during 1996-2024

Rahul Kumar Jain & Mahendra Singh

Department of physics, Govt motilal vigyan mahavidhyalaya, Barkatullah vishwavidhyalaya Bhopal, Madhya Pradesh 462 003 (India)
[E-Mail: jainrahulpali1990@gmail.com]

Abstract

In this paper we have correlative study of Cosmic ray intensity (CRI), Sun spot number (SSN), Interplanetary magnetic field (IMF), Disturb Storm time index (DST), Geo-magnetic activity indices (Ap) and (Kp) during 1996-2024, (CRI) data have been taken from (Moscow neutron monitor station). (SSN, IMF, DST, Ap and Kp) data have been taken from (omniweb.gsfc.nasa.gov). (CRI) shows high and negative correlation with (SSN, IMF, Ap and Kp). (CRI) shows high and positive correlation with (DST).

Keywords: Cosmic ray intensity (CRI), Sun spot number (SSN), Interplanetary magnetic field (IMF), Disturb storm time index (DST), Geo-magnetic activity indices (Ap) and (Kp).

प्रस्तावना

अंतरिक्ष किरणें हाइड्रोजन परमाणु के नाभिक (प्रोटॉन) होती हैं। इनकी ऊर्जा 10^9eV - 10^{21}eV काफी अधिक होती हैं। प्राथमिक अंतरिक्ष किरणें कृष्ण विवर, (black hole) न्यूट्रॉन तारें (neutron star) और बाहरी आकाशगंगाओं से पृथ्वी पर आती हैं। प्राथमिक

अंतरिक्ष किरणें जब पृथ्वी के वायुमंडल में उपस्थित गैसों के अणुओं से संघट्ट करती हैं, तब द्वितीयक अंतरिक्ष किरणों की उत्पत्ति होती है। सूर्य के प्रकाशमंडल पर ऐसे क्षेत्र होते हैं। जहाँ का तापमान अपेक्षाकृत कम (6000°C) तथा चुंबकीय क्षेत्र अधिक होता है। इन्हें सूर्य धब्बों कहते हैं। ग्रहों के मध्य गतिमान आवेशित कणों के कारण

उत्पन्न चुंबकीय क्षेत्र को अन्तराग्रहीय चुंबकीय क्षेत्र कहते हैं। पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र को विशोभ तूफान समय सूचकांक द्वारा मापा जाता है। भू-चुंबकीय सक्रियता सूचकांक (Ap), ग्रहीय तुल्य आयाम सूचकांक (Planetary equivalent amplitude index) और (Kp) ग्रहीय सूचकांक (Planetary index) कहलाता है। सूर्य के किरीट (corona) से बड़ी मात्रा में प्लाज्मा और चुंबकीय क्षेत्र का निष्कासन होता है। जिसे किरीट द्रव्यमान निष्कासन (coronal mass ejections) कहते हैं। यह भू-चुंबकीय तूफान का कारण है।¹ सूर्य के चारों ओर अदृश्य चकती (occluding disk) से निष्कासित CMEs को प्रभामंडल किरीट द्रव्यमान निष्कासन (halo CMEs) कहते हैं। केवल 23.35 प्रतिशत halo CMEs तीव्र भू-चुंबकीय तूफान उत्पन्न करती हैं।² अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI) में CME क्षणिक कमी उत्पन्न करती हैं। और अल्प अवधि में पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र में वृद्धि होती है।³ सूर्य के सक्रिय क्षेत्रों (सूर्य धब्बों) में विस्फोट होने से अधिक मात्रा में द्रव्य और विकिरण का अल्प अवधि में अंतरिक्ष में उत्सर्जन की घटना को सौर ज्वाला (solar flare) कहते हैं। सौर ज्वालार्ये भी भू-चुंबकीय तूफान का कारण है।⁴ सौर चक्र 23 (1996-2008) में अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI) सूर्य धब्बों की संख्या (SSN) के साथ विपरीत सहसंबंध प्रदर्शित करती है।⁵ CME से संबद्ध सौर ज्वाला पृथ्वी के चुंबकीय क्षेत्र और अन्तराग्रहीय माध्यम में अधिक विशोभ उत्पन्न करती है।⁶ सौर सक्रियता प्राचल (सूर्य धब्बों की संख्या (SSN) और नति कोण (Tilt angle) एक दूसरे के साथ उच्च सकारात्मक सहसंबंध और अंतरिक्ष किरण की तीव्रता के साथ नकारात्मक सहसंबंध प्रदर्शित करते हैं।⁷ अंतरिक्ष किरणों की विशम दैशिकता की दैनिक सावधानी पूर्वक जाँच से, अन्तराग्रहीय चुंबकीय क्षेत्र में मौजूद अनियमितताओं की प्रकृति और पैमाने के आकार का पूर्वानुमान लगाना संभव है।⁸ फॉरबुश के अनुसार गांगेय अंतरिक्ष किरणों (Galactic cosmic rays) की तीव्रता, सूर्य धब्बों की संख्या के साथ व्युक्रमानुसार परिवर्तित होती है।⁹ विक्टर एफ, हेस (Victor F. Hess) को अंतरिक्ष किरणों की खोज के लिये सन् 1936 में भौतिक विज्ञान में नोबेल पुरस्कार से सम्मानित किया गया।¹⁰

कार्यविधि

इस शोध पत्र में हमने अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI) का औसत वार्षिक मान (corrected for pressure - cut off rigidity = 2.42GV) मॉस्को न्यूट्रॉन मॉनीटर स्टेशन (<http://cr0.izmiran.ru>) से 1996 से 2024 तक लिया है। मॉस्को न्यूट्रॉन मॉनीटर स्टेशन अंतरिक्ष किरणों की तीव्रता में परिवर्तन के अध्ययन के लिए विश्वसनीय अंतरिक्ष किरण डेटा प्रदान करता है। सूर्य धब्बों की संख्या (SSN), अन्तराग्रहीय चुंबकीय क्षेत्र (IMF), विशोभ तूफान समय सूचकांक (DST), भू-चुंबकीय सक्रियता सूचकांक (Ap) और (Kp) का

औसत वार्षिक मान नासा की ओमनी वेबसाइट से लिया गया है (omniweb.gsfc.nasa.gov)। यहाँ चुंबकीय क्षेत्र को नैनो टेस्ला (nT) में मापा गया है। सौर चक्र 23, 1996 में शुरू हुआ और 2008 में समाप्त हुआ। सौर चक्र 24, 2008 में शुरू हुआ और 2018 में समाप्त हुआ। सौर चक्र 25, 2018 में शुरू हुआ। 1996 से 2024 की अवधि में हमने चरों के मध्य सहसंबंध निकालने के लिये 'रनिंग क्रॉस सहसंबंध विधि (Running cross correlation method) का उपयोग किया है।¹¹

1- कार्ल पीयरसन सहसंबंध गुणांक (Karl pearson coefficient of correlation)

$$R = \frac{\sum(X_i - X_m)(Y_i - Y_m)}{\sqrt{\sum(X_i - X_m)^2 \sum(Y_i - Y_m)^2}}$$

जहाँ X_i = चर X का i वां मान

जहाँ Y_i = चर Y का i वां मान

जहाँ X_m = चर X का माध्य

जहाँ Y_m = चर Y का माध्य

2- समाश्रयण विश्लेषण - (Regression Analysis)

समाश्रयण समीकरण $Y = a + bx$

जहाँ X = स्वतंत्र चर, Y = परतंत्र चर,

a = नियतांक, b = नियतांक

$\sum Y_i = na + b\sum X_i$

$\sum X_i Y_i = a\sum X_i + b\sum X_i^2$

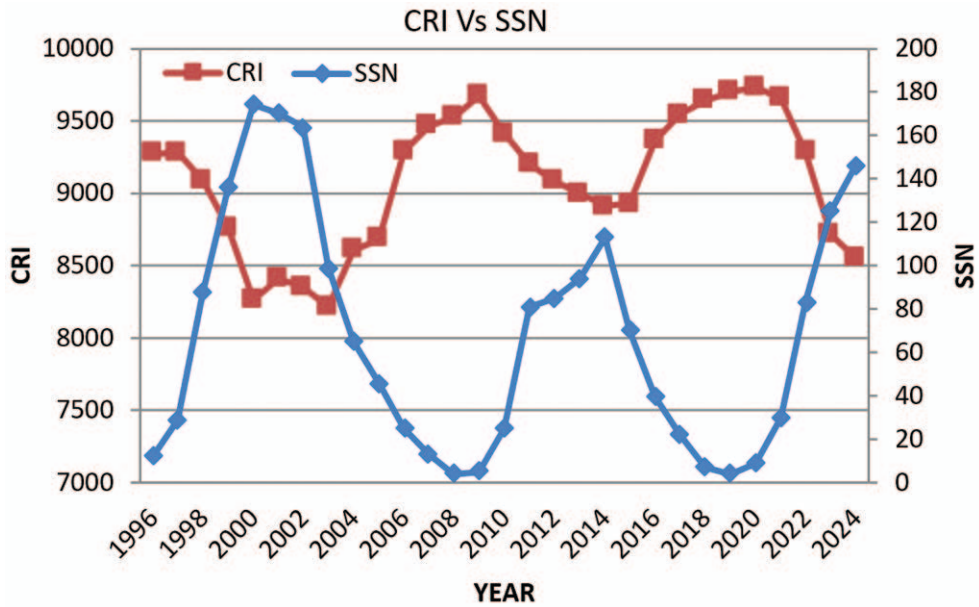
जहाँ n = X और Y चरों के प्रेक्षणों के युग्मों की संख्या

परिणाम एवं चर्चा

चित्र 1 से स्पष्ट है कि 1996 से 2024 की अवधि में अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI) का औसत वार्षिक मान वर्ष (2008, 2009, 2020) में अधिकतम और वर्ष (2003, 2014, 2024) में न्यूनतम रहा। सूर्य धब्बों की संख्या (SSN) का औसत वार्षिक मान वर्ष (2000, 2014, 2024) में अधिकतम और वर्ष (2008, 2009, 2019) में न्यूनतम रहा। चित्र 2 से स्पष्ट है कि अन्तराग्रहीय चुंबकीय क्षेत्र (IMF) का औसत वार्षिक मान वर्ष (2002, 2003, 2015, 2023) में अधिकतम और वर्ष (2008, 2009, 2020) में न्यूनतम रहा। चित्र 3 से स्पष्ट है कि विशोभ तूफान समय सूचकांक (DST) का औसत वार्षिक मान वर्ष (2007, 2008, 2009, 2021) में अधिकतम और वर्ष (2003, 2015, 2023, 2024) में न्यूनतम रहा। चित्र 4 से स्पष्ट है कि भू-चुंबकीय सक्रियता सूचकांक (Ap) का औसत वार्षिक मान वर्ष (2003, 2015, 2022, 2023) में अधिकतम

तालिका								तालिका (क्रमशः)							
क्र. सं.	वर्ष (Year)	CRI	SSN	IMF (nT)	DST (nT)	Ap (nT)	Kp	क्र. सं.	वर्ष (Year)	CRI	SSN	IMF (nT)	DST (nT)	Ap (nT)	Kp
1	1996	9269	12	5.1	-11	9	20	15	2010	9414	25	4.7	-9	6	13
2	1997	9282	29	5.5	-14	8	17	16	2011	9202	81	5.3	-11	7	13
3	1998	9086	88	6.9	-17	12	20	17	2012	9083	85	5.7	-12	9	17
4	1999	8760	136	6.9	-13	13	23	18	2013	8998	94	5.2	-10	8	13
5	2000	8263	174	7.2	-18	15	23	19	2014	8915	113	6.1	-11	8	17
6	2001	8409	170	6.9	-18	13	20	20	2015	8927	70	6.7	-21	12	20
7	2002	8352	164	7.6	-30	13	23	21	2016	9361	40	6.1	-12	10	20
8	2003	8214	99	7.6	-22	22	30	22	2017	9548	22	5.2	-13	10	20
9	2004	8609	65	6.5	-12	13	23	23	2018	9637	7	4.7	-8	7	13
10	2005	8680	46	6.2	-16	13	20	24	2019	9699	4	4.5	-8	6	13
11	2006	9291	25	5.0	-12	8	17	25	2020	9734	9	4.3	-8	5	13
12	2007	9464	13	4.5	-8	7	17	26	2021	9655	30	5.0	-6	7	13
13	2008	9525	4	4.2	-8	7	13	27	2022	9287	83	6.4	-9	10	20
14	2009	9670	5	3.9	-3	4	10	28	2023	8719	125	6.5	-12	10	20
								29	2024	8555	146	6.1	-12	8	17

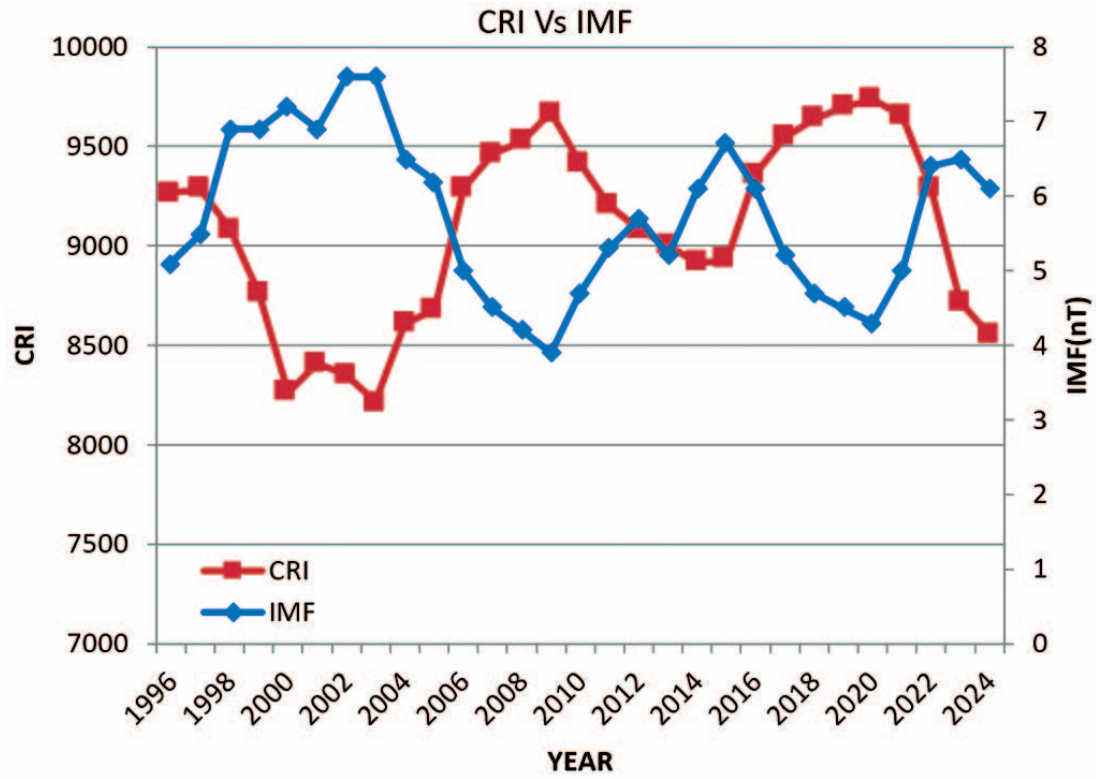
(क्रमशः)



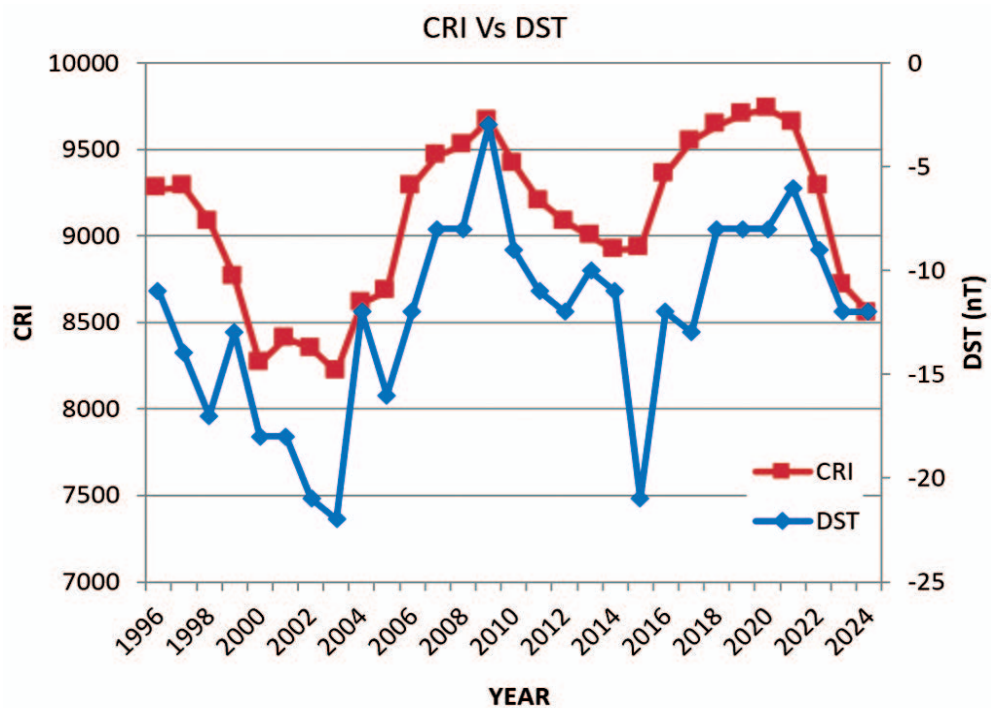
चित्र 1 — अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI) और सूर्य धब्बों की संख्या (SSN) का 1996 से 2024 तक औसत वार्षिक मान

तथा वर्ष (2007, 2008, 2009, 2020) में न्यूनतम रहा। चित्र 5 से स्पष्ट है कि भू-चुंबकीय सक्रियता सूचकांक (Kp) का औसत वार्षिक मान वर्ष (2003, 2015, 2016, 2017, 2022, 2023) में अधिकतम

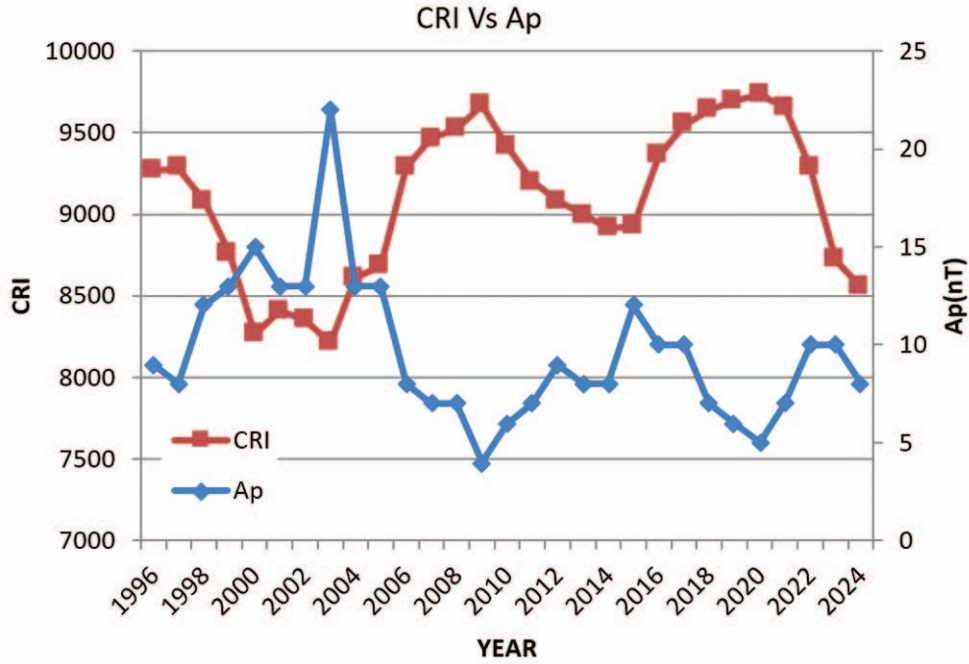
तथा वर्ष (2008, 2009, 2019, 2020, 2021) में न्यूनतम रहा। अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI), सूर्य धब्बों की संख्या (SSN), अन्तराग्रहीय चुंबकीय क्षेत्र (IMF), विक्षोभ तूफान समय सूचकांक



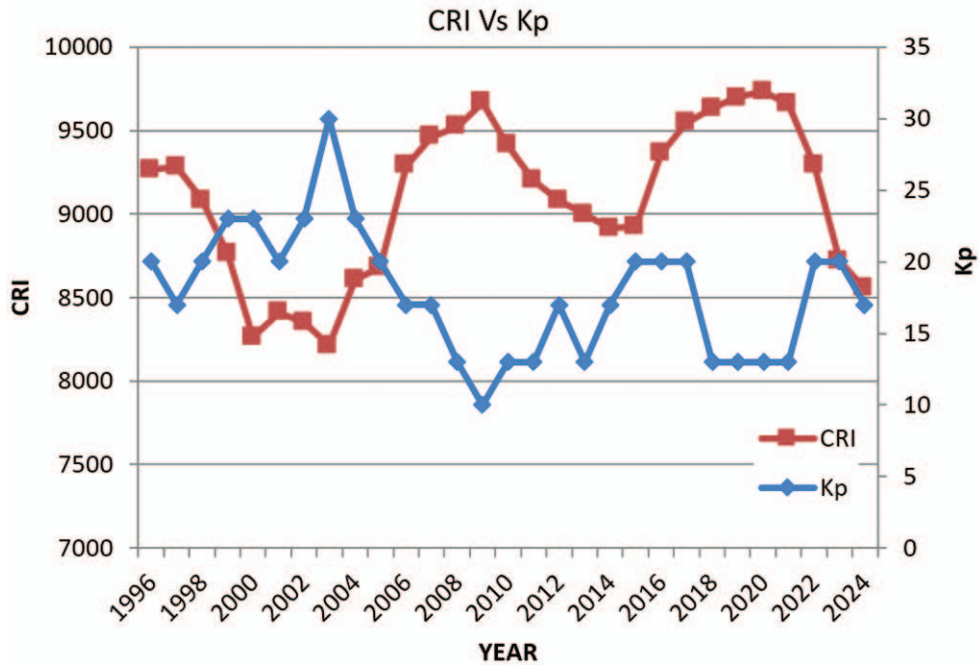
चित्र 2 — अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI) और अन्तरग्रहीय चुंबकीय क्षेत्र (IMF) का 1996 से 2024 तक औसत वार्षिक मान



चित्र 3 — अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI) और विश्लेषण तूफान समय सूचकांक (DST) का 1996 से 2024 तक औसत वार्षिक मान



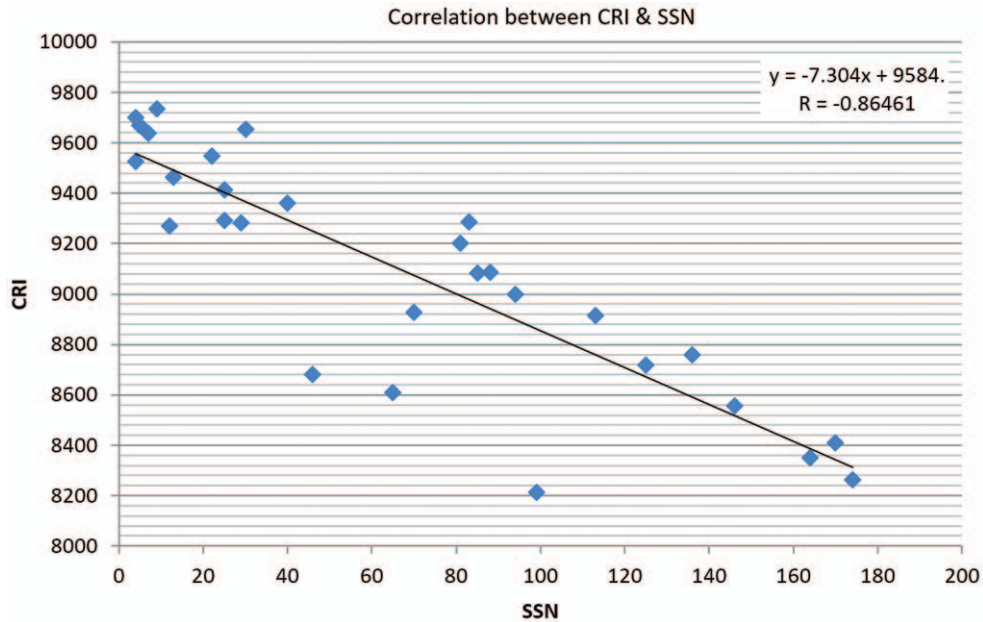
चित्र 4 — अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI) और भू-चुंबकीय सक्रियता सूचकांक (Ap) का 1996 से 2024 तक औसत वार्षिक मान



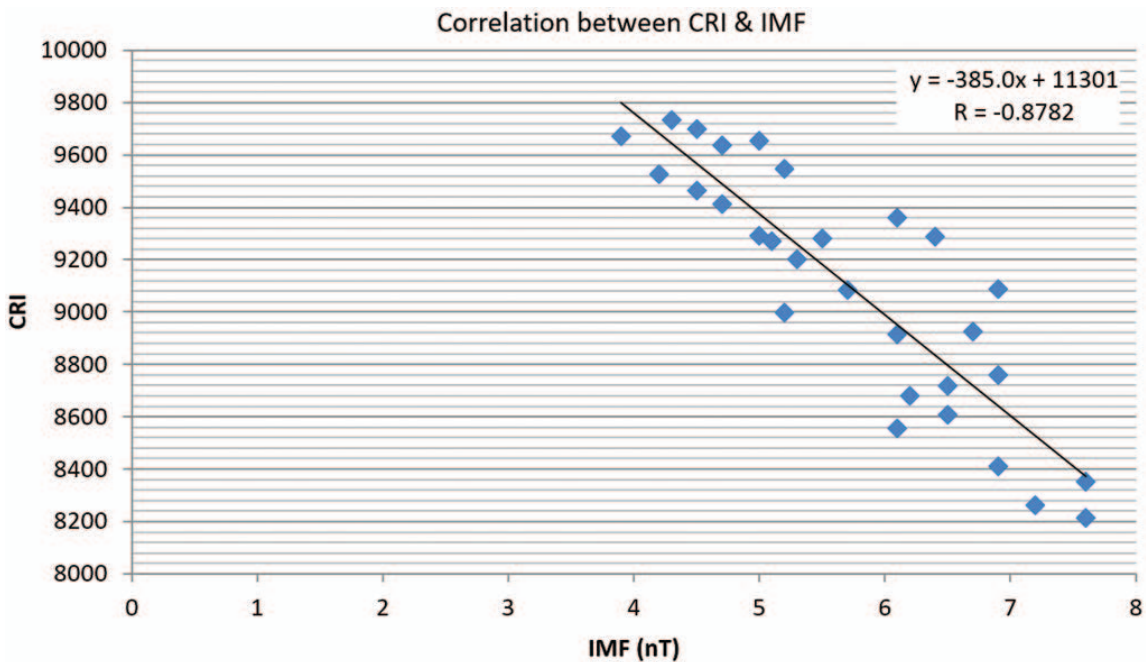
चित्र 5 — अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI) और भू-चुंबकीय सक्रियता सूचकांक (Kp) का 1996 से 2024 तक औसत वार्षिक मान

(DST), भू-चुंबकीय सक्रियता सूचकांक (Ap) और (Kp) के मध्य 1996 से 2024 तक सहसंबंधात्मक अध्ययन करने के बाद निम्न लिखित निष्कर्ष प्राप्त हुए।

- 1996 से 2024 की अवधि में अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI), सूर्य धब्बों की संख्या (SSN) के साथ उच्च नकारात्मक सहसंबंध प्रदर्शित करती हैं (चित्र 6)। (CRI)

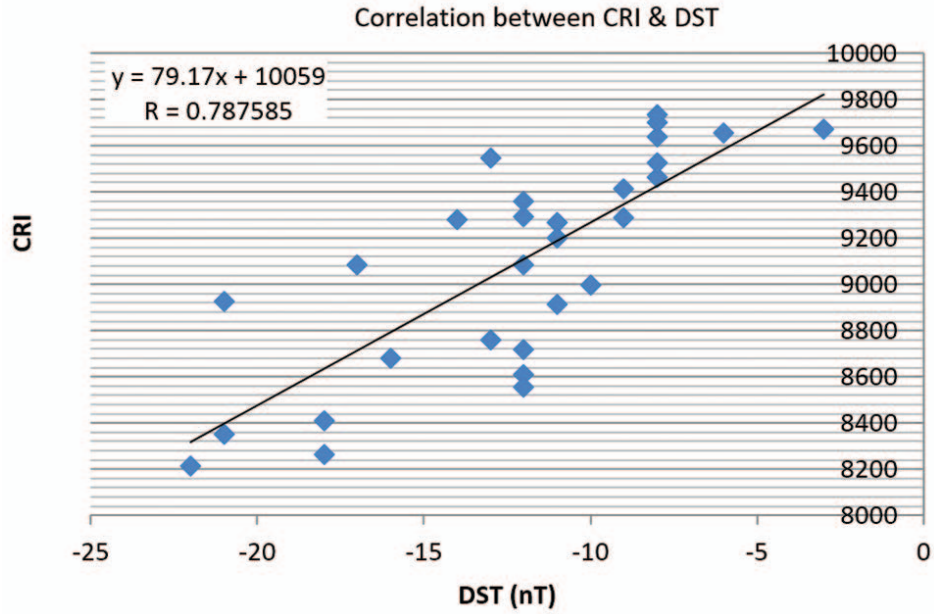


चित्र 6 — 1996 से 2024 की अवधि में अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI) और सूर्य धब्बों की संख्या (SSN) के मध्य सहसंबंध

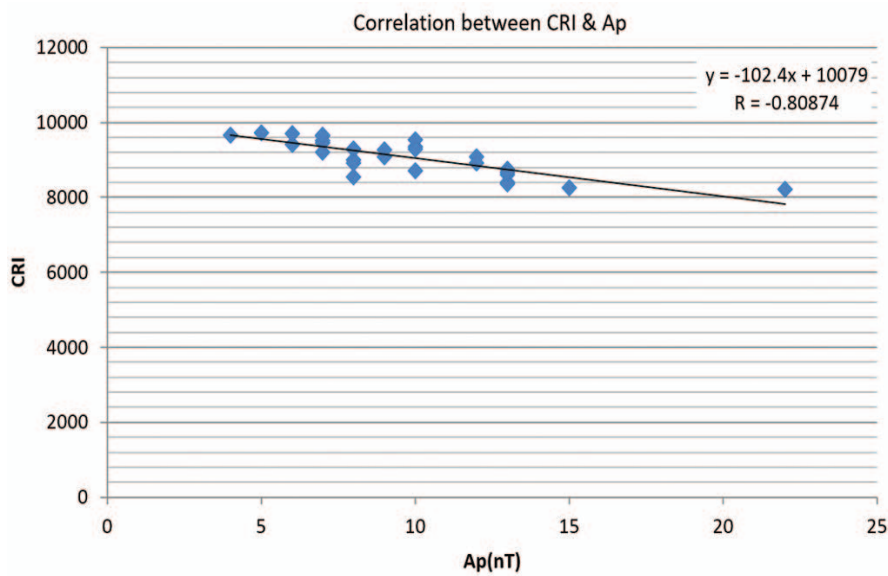


चित्र 7 — 1996 से 2024 की अवधि में अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI) और अन्तराग्रहीय चुंबकीय क्षेत्र (IMF) के मध्य सहसंबंध

- और (SSN) के मध्य सहसंबंध गुणांक ($R = -0.86461$) 1996 से 2024 की अवधि में अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI), अन्तराग्रहीय चुंबकीय क्षेत्र (IMF) के साथ उच्च नकारात्मक सहसंबंध प्रदर्शित करती हैं (चित्र 7)। (CRI)
- और (IMF) के मध्य सहसंबंध गुणांक ($R = -0.8782$) 1996 से 2024 की अवधि में अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI), विक्षोभ तूफान समय सूचकांक (DST) के साथ उच्च सकारात्मक सहसंबंध प्रदर्शित करती हैं (चित्र 8)।

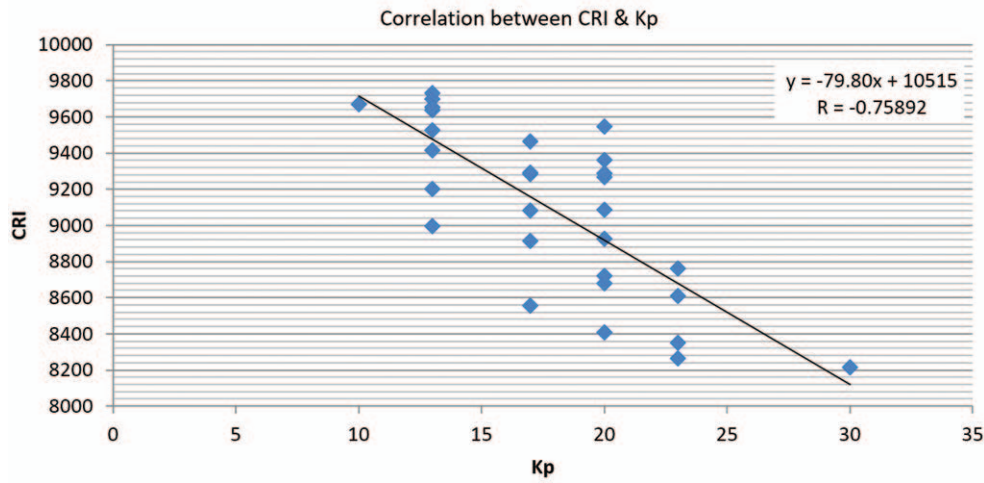


चित्र 8 — 1996 से 2024 की अवधि में अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI) और विक्षोभ तूफान समय सूचकांक (DST) के मध्य सहसंबंध



चित्र 9 — 1996 से 2024 की अवधि में अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI) और भू-चुंबकीय सक्रियता सूचकांक (Ap) के मध्य सहसंबंध

- (CRI) और (DST) के मध्य सहसंबंध गुणांक ($R = 0.78758$)
- 1996 से 2024 की अवधि में अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI), भू-चुंबकीय सक्रियता सूचकांक (Ap) के साथ उच्च नकारात्मक सहसंबंध प्रदर्शित करती हैं (चित्र 9)।
- (CRI) और (Ap) के मध्य सहसंबंध गुणांक ($R = -0.80874$)
- 1996 से 2024 की अवधि में अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI), भू-चुंबकीय सक्रियता सूचकांक (Kp) के साथ उच्च नकारात्मक सहसंबंध प्रदर्शित करती हैं (चित्र 10)।



चित्र 10 — 1996 से 2024 की अवधि में अंतरिक्ष किरण की तीव्रता (CRI) और भू-चुंबकीय सक्रियता सूचकांक (Kp) के मध्य सहसंबंध

(CRI) और (Kp) के मध्य सहसंबंध गुणांक ($R = -0.75892$)

संदर्भ

1. वरबडे के. देवेन्द्र, जोथे के. मुकेश, सिंह महेन्द्र, श्रीवास्तव के. पंकज, 2022, "स्टडी ऑफ लॉग टर्म टाइम वेस्ट रिलेसनेशन विटवीन कोरोनल मास इजेक्शन एण्ड जियोमैग्नेटिक स्टॉर्म", न्यूरोक्वार्टोलॉजी, खंड-20, अंक-19, पृष्ठ सं. 3670-3678। Warwade K. Devendra, Jothe K. Mukesh, Singh Mahendra, Shrivastava K. Pankaj, 2022, "Study of long term time based relationship between coronal mass ejection and geomagnetic Storm", Neuroquantology, Vol. 20, Issue.19, pp. 3670-3678.
2. परसाई के. शिरीश, जोथे के. मुकेश, सिंह महेन्द्र, 2019, "स्टडी ऑफ हेलो सीएमई एज ए इंडीकेटर ऑफ इंटेस जियोमैग्नेटिक स्टॉर्म", इंटरनेशनल जर्नल ऑफ रिसर्च एण्ड एनालिटिकल रिव्यूज, खंड-6, अंक-2, पृष्ठ सं. 730-733. Persai K. Shirish, Jothe K. Mukesh, Singh Mahendra, 2019, "Study of halo CME as a indicator of interse geomagnetic storm", International Journal of Research and Analytical Reviews, Vol. 6, Issue. 2, pp. 730-733.
3. जैन अमिता, श्रीवास्तव के. पंकज, सिंह महेन्द्र, जोथे के. मुकेश, 2016, "इफेक्ट ऑफ कोरोनल मास इजेक्शन ऑन कॉस्मिक रे इंटेसिटी एण्ड जियोमैग्नेटिक इंडाईसिस फॉर द

पीरियड ऑफ 1996-2013", इंटरनेशनल जर्नल ऑफ साइंस, एन्वायरॉन्मेंट एण्ड टेक्नोलॉजी, खंड-5, नंबर-4, पृष्ठ सं. 1820-1827.

Jain Amita, Shrivastava K. Pankaj, Singh Mahendra, Jothe K. Mukesh, 2016, "Effect of coronal mass ejection on cosmic ray intensity and geomagnetic indices for the period of 1996-2013", International Journal of Science, Environment and Technology, Vol. 5, No. 4, pp. 1820-1827.

4. चौधरी ब्रजेश, जोथे के. मुकेश, सिंह महेन्द्र, मेहरा महेन्द्र, श्रीवास्तव के. पंकज, 2015, "हिलियोग्राफिक डिस्ट्रीब्यूशन ऑफ मेजर H- α सोलर लेयर ड्यूरिंग सोलर साइकिल 23", इंटरनेशनल जर्नल ऑफ करेन्ट रिसर्च, खंड-7, अंक-01, पृष्ठ सं. 11345-11348.

Choudhary Brajesh, Jothe K. Mukesh, Singh Mahendra, Mehra Mahendra, Shrivastava K. Pankaj, 2015, "Heliographic distribution of major H- α solar flare during solar cycle 23", International Journal of Current Research, Vol. 7, Issue. 01, pp. 11345-11348.

5. पांडे उमा, सिंह महेन्द्र, श्रीवास्तव के. पंकज, जोथे के. मुकेश, 2013, "कोरिलेटिव एनालिसिस ऑफ लॉग टर्म कॉस्मिक रे मॉड्यूलेशन इन रिलेशन विद सोलर एक्टिविटी फॉर द पीरियड 1986-2008", इंटरनेशनल जर्नल ऑफ साइंस, एन्वायरॉन्मेंट एण्ड टेक्नोलॉजी, खंड-2, नंबर-5, पृष्ठ सं. 903-910।

- Pandey Uma, Singh Mahendra, Shrivastava K. Pankaj, Jothe K. Mukesh, 2013, "Correlative analysis of long term cosmic ray modulation in relation with solar activity for the period 1986-2008", International Journal of Science, Environment and Technology, Vol. 2, No. 5, pp. 903-910.
6. जोथे के. मुकेश, श्रीवास्तव के. पंकज, 2011, "इफेक्ट्स ऑफ रीसेन्ट सोलर इवेन्ट्स ऑन कॉस्मिक रेज एण्ड अर्थ जियो मेग्नेटिक फील्ड", इंडियन जर्नल ऑफ रेडियो-स्पेस फिजिक्स, खंड-40, पृष्ठ सं. 179-182।
Jothe K. Mukesh, Shrivastava K. Pankaj, 2011, "Effects of recent solar events on cosmic rays and earth's geomagnetic field", Indian Journal of Radio & Space Physics, Vol. 40, pp. 179-182.
7. गुप्ता मीरा, मिश्रा वी.के., मिश्रा ए.पी., 2006, "लॉग- टर्म मॉड्यूलेशन ऑफ कॉस्मिक रे इंटेंसिटी इन रिलेशन टू सनस्पॉट नंबर एण्ड टिल्ट एंगल", ज. एस्ट्रोफिजिक्स. एस्ट्रोनाॅमी., खंड-27, पृष्ठ सं. 455-464।
Gupta Meeera, Mishra V. K., Mishra A.P., 2006, "Long-term modulation of cosmic ray intensity in relation to sunspot numbers and tilt angle", J. Astrophys. Astr., Vol. 27, pp. 455-464.
8. अनंथ. एजी., अग्रवाल. एसपी., रावयूआर, 1974, "स्टडी ऑफ कॉस्मिक रे डायरनल वेरिएशन ऑन ए डे-टू-डे बेसिस", प्रमाण रिसर्च जर्नल, खंड-3, नंबर-2, पृष्ठ सं. 74-88.
Ananth. AG., Agrawal. SP., Rao UR, 1974, "Study of cosmic ray diurnal variation on a day-to-day basis", Pramana Research Journal, Vol. 3, No. 2, pp. 74-88.
9. फॉरबुश एस.ई., 1954, "वर्ल्ड-वाइड कॉस्मिक-रे वेरिएशन 1937-1952", जर्नल ऑफ जियो फिजिकल रिसर्च, खंड-59, नंबर-4, पृष्ठ सं. 525।
F orbush S.E., 1954, "World-wide cosmic-ray variations 1937-1952", Journal of Geophysical Research, Vol. 59, No. 4, pp. 525.
10. हेस एफ. विक्टर, 1912, "डर्चडरिंगएण्डे स्ट्रॉहलंग बी सेवन फ्रीबेलून फाह्रटेन", फिजिक्स. जेडईआईटी., खंड-13, पृष्ठ सं. 1084-1091।
Hess F. Victor, 1912, "Durchdringende strahlung bei sieben freiballonfahrten", Phys. Zeit., Vol. 13, pp. 1084-1091.
11. कोठारी सी.आर., 1990, "रिसर्च मेथोडोलॉजी मेथड्स एण्ड टेक्नीक्स", दूसरा संस्करण, न्यू ऐज इंटरनेशनल (पी) लिमिटेड पब्लिशर्स नई दिल्ली, अध्याय -7, पृष्ठ सं. 138-142.
Kothari C.R., 1990, "Research methodology methods and techniques", Second. ed., New Age International (P) Limited Publishers New Delhi, Chapter-7, pp. 138-142.