

ऑपरेशन सिंदूरमधील भारतीय सेनादलांचा कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा प्रभावी वापर

प्रा. डॉ. देवेन्द्र विसपुते

प्रमुख, संरक्षण आणि सामरिक अभ्यास विभाग, विद्यावर्धिनी महाविद्यालय, धुळे.

Email: devendra.vispute14@gmail.com

सारांश:

हा शोधनिबंध पाकिस्तानविरुद्धच्या 'ऑपरेशन सिंदूर' या अल्प-कालावधीच्या संघर्षात भारतीय लष्कराने कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा (AI) केलेल्या प्रभावी वापराचे विश्लेषण करते. या अभ्यासाचा उद्देश भारतीय सशस्त्र दलांद्वारे आधुनिक तंत्रज्ञानाच्या वापराचे परीक्षण करणे आणि या संघर्षात AI च्या एकत्रीकरणातून मिळालेल्या यशाचे मूल्यमापन करणे, हा आहे. मुख्य गृहीतक असे आहे की, ऑपरेशन सिंदूरमध्ये भारतीय सेनादलाने आधुनिक माहिती तंत्रज्ञान आणि AI चा धोरणात्मक वापर केल्यामुळे त्यांना चार दिवसांत पाकिस्तानी लष्कराचा निर्णायक पराभव करणे शक्य झाले. २२ एप्रिल, २०२५ रोजी काश्मीरमध्ये झालेल्या दहशतवादी हल्ल्यानंतर सुमारे ८० तास चाललेले ऑपरेशन सिंदूर आधुनिक भारतीय युद्धतंत्रातील एक महत्त्वपूर्ण टप्पा ठरले. पारंपरिक लष्करी कारवायांच्या विपरीत यात प्रगत तंत्रज्ञान आणि AI चे संतुलित एकत्रीकरण दिसून आले. ऑपरेशन सिंदूरमध्ये भारतीय सेनादलांनी 'इलेक्ट्रॉनिक इंटेलेजन्स कोलेशन अँड अॅनालिसिस सिस्टीम' (ECAS) सह २३ हून अधिक स्वदेशी AI ॲप्लिकेशन्स तैनात केले. कृत्रिम बुद्धिमत्तेच्या वापरामुळे अचूक लक्ष्यीकरण, जलद निर्णयक्षमता आणि विविध प्रणाली, रडार नेटवर्क, हवाई संरक्षण यंत्रणा (उदा. आकाशतीर आणि एस-४०० क्षेपणास्त्रे) आणि क्षेपणास्त्र प्रणालींमध्ये अखंड समन्वय साधणे शक्य झाले. या मोहिमेत हवामानाचा अंदाज, रसद आणि 'स्काय स्ट्रायकर' व 'नागास्त्र' सारख्या ड्रोन व हवेत घिरट्या घालणाऱ्या दारुगोळ्यांच्या तैनातीसाठी एआयचा उपयोग करण्यात आला. इतकेच नव्हे, तर स्वदेशी बनावटीच्या 'जिज्ञासा' जनरेटिव्ह एआयने कमांडर्सना रिअल-टाइममध्ये धोरणात्मक सारांश पुरवला. यामुळे निर्णय प्रक्रिया तासांवरून मिनिटांपर्यंत वेगवान झाली. इस्त्रो व हवामान विभागाच्या महत्त्वपूर्ण साहाय्याने व एआय एकीकरणामुळे भारताचे अनावश्यक नुकसान कमी झाले आणि या मोहिमेची परिणामकारकता वाढली. परिणामी पाकिस्तानचे मोठे लष्करी, आर्थिक आणि तांत्रिक नुकसान झाले. ही मोहीम स्वदेशी तंत्रज्ञानाची श्रेष्ठता आणि भविष्यातील युद्धतंत्रात एआयची परिवर्तन घडवून आणण्याची क्षमता अधोरेखित करते, ज्यामुळे भारत जागतिक स्तरावर एक आघाडीची 'एआय-सक्षम' लष्करी शक्ती म्हणून स्थापित झाला आहे.

मुख्य शब्द: ऑपरेशन सिंदूर, कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआय) आणि भारतीय सेनादल, भारताचे स्वदेशी लष्करी तंत्रज्ञान, आकाशतीर, एस-४०० क्षेपणास्त्रे, घिरट्या घालणारा दारुगोळा.

► Corresponding Author: प्रा. डॉ. देवेन्द्र विसपुते

उद्दिष्ट्ये (Objectives)

- १] ऑपरेशन सिंदूरमधील भारतीय सेनादलांच्या आधुनिक तंत्रज्ञानाच्या उपयोगाचे परिशीलन करणे.
- २] पाकिस्तानविरुद्धच्या या छोट्याखानी संघर्षातील भारतीय सेनादलांच्या कृत्रिम बुद्धिमत्तेच्या वापरामुळे मिळालेल्या यशाचे मूल्यमापन करणे.

गृहीतकृत्य (Hypothesis)

- १] ऑपरेशन सिंदूरमध्ये भारतीय सेनादलांनी आधुनिक माहिती तंत्रज्ञानाच्या उपयोग केला.
- २] या संघर्षात भारतीय सेनादलांनी कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा प्रभावी वापर केल्याने पाकिस्तानी सैन्याला चारच दिवसात धुळ चारणे त्यांना शक्य झाले.

प्रस्तावना (Introduction)

भारताच्या काश्मिरमधील पहलगाम बैसरनमध्ये २२ एप्रिल २०२५ ला झालेल्या अमानवीय दहशतवादी हल्ल्यानंतर भारताने ७ मे २०२५ रोजी 'ऑपरेशन सिंदूर' ही लष्करी कारवाई केली. ती साधारण ८० तास चालली. ही भारताची केवळ एक पारंपरिक लष्करी कारवाई नसून तिच्यात आधुनिक तंत्रज्ञान आणि कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा (Artificial Intelligence) समतोल असा संगम होती. भारताच्या संरक्षण दलांनी प्रथमच युद्धभूमीवर इतक्या मोठ्या प्रमाणावर प्रगत स्वदेशी स्वायत्त एआय (Advance Sovereign AI) मॉडेल्सचा वापर केला. हा आधुनिक भारतीय युद्धतंत्रातील उल्लांतीचा मोठा टर्निंग पॉइंट मानावा लागेल.

- गेल्या दोन- तीन वर्षात आपण रशिया – युकेन, इस्राएल – इराण, अमेरिका – इराण असे काही संघर्ष वधितले – ज्यात प्रगत देशांनी अत्याधुनिक अशा माहिती तंत्रज्ञान (Information Technology) आणि कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा आणि त्यांच्या प्रचंड संख्येने असलेल्या उपग्रहांचा मोठ्या प्रमाणावर उपयोग केला; पण ज्या पद्धतीने व प्रचंड प्रमाणात यशस्वीरित्या भारताने आजच्या अत्याधुनिक तंत्रज्ञानाचा केला – तो स्पृहणीय असाच होता. कारण अमेरिका आणि इस्राएल यांच्यापेक्षा अधिक अचूकता आणि आपल्या देशाची नाममात्र (खरे तर negligible) हानी आणि कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा प्रत्यक्ष युद्धात अत्यंत प्रभावी असा वापर या संरक्षण तंत्रज्ञानात प्रगत असलेल्या देशांच्या तुलनेत भारताने केला होता.

...आज सुरु असलेल्या इराणविरुद्ध इस्राएल –अमेरिका संघर्षात इराणच्या क्षेपणास्त्र आणि ड्रोन हल्ल्यांना पूर्णपणे थोपविणे त्या देशांना शक्य झाले नाही; त्यातुलनेत भारताचा AI Success rate हा खूपच उत्तम म्हणावा लागेल. कारण भारताने त्याची निर्धारित उद्दिष्ट्ये पूर्णपणे साध्य करतांना स्वतःचे फारच कमी किंवा अल्प नुकसान होऊ दिले. भारताचे हे हल्ले "a precise, swift, coordinated, calibrated attack" हे एक नेमके, जलद, समन्वित आणि बिनचूक हल्ले असे यांचे वर्णन करण्यात आले.

ऑपरेशन सिंदूरमधील कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा उपयोग (Applications of AI in Op. Sindoor)

ऑपरेशन सिंदूरमध्ये भारतीय सेनादलांनी कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा केलेला उपयोग हा आधुनिक युद्धतंत्राचा एक उत्तम असा नमुना होता. एकीकडे भारतीय सेनादल आणि दुसरीकडे पाकिस्तानी सैन्य आणि त्यांच्या जोडीला टर्की आणि चीनचे तंत्रज्ञ आणि तंत्रज्ञान असा हा लढा होता. यावेळी भारतीय सेनादलांनी कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा - एआय (AI) प्रथमच मोठ्या प्रमाणावर वापर केला. या मोहिमेत एआयमुळे भारताला अचूक लक्ष्यभेद आणि युद्धाच्या मैदानात जलद निर्णय घेण्यात मदत झाली. त्यातच एआयच्या मदतीने असंख्य प्रकारच्या प्रणालींमध्ये समन्वय करण्यात आला.

इंटेलिजन्स कोलेशन आणि डेटा फ्यूजन (Intelligence Collation & Data Fusion)

भारतीय सेनादलातील माहिती तंत्रज्ञांनी प्राप्त गुप्त माहितीचे सविस्तर असे वर्गीकरण आणि तुलना करीत त्या माहितीचे योग्य मिश्रण करून एकाचवेळी अनेक प्रकारची युद्ध साधने, रडार यंत्रणा, काही वायूरक्षा प्रणाली, अनेक प्रकारच्या क्षेपणास्त्र यंत्रणा आणि इलेक्ट्रॉनिक ऑप्लिकेशन्सचा अत्युच्च असा संगम घडविला. भारतीय सेनादलांनी सुमारे २३ हून अधिक स्वदेशी एआय (AI) ऑप्लिकेशन्सची सांगड घालून त्यांचा प्रभावी असा वापर केला. यामध्ये 'Electronic Intelligence Collation and Analysis System' (ECAS) चा समावेश होता. या स्वदेशी AI ऑपद्वारे शत्रूच्या सेन्सर्सचे सिग्नल आणि फ्रिक्वेन्सी ट्रॅक करून त्यांचे अचूक स्थान शोधण्यात आले. ज्यात सेनादलांसोबतच इस्रा आणि हवामान विभागाची भूमिकाही मध्यवर्ती अशीच होती. हा आंतरसेना आणि संस्था समन्वयाचा एक आदर्श नमुना होता. सेन्सर फ्यूजन याने भूदल आणि हवाई दलाच्या रडारना एकत्र जोडून रणांगणाचे एक स्पष्ट 'लाइव्ह' चित्र कमांडरसमोर उभे केले.

ऑपरेशन सिंदूरमध्ये कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा (AI) वापर खालील प्रमुख क्षेत्रांत करण्यात आला:

१. अचूक लक्ष्यीकरण आणि डेटा विश्लेषण

या प्रकारच्या प्रणालीची बऱ्याच आधी पूर्वतयारी करण्यात आली होती. "भारतीय सैन्याने गेल्या २६ वर्षांतील ऐतिहासिक डेटा एआय मॉडल्सना दिला होता. या माहितीच्या आधारे, सीमेवर शत्रूच्या तोफा किंवा क्षेपणास्त्र युनिट्स नेमकी कुठे असू शकतात, याचे ९४ % अचूकतेने अनुमान काढणे शक्य झाले."^१

मागील २६ वर्षांच्या डेटाचा वापर करून शत्रूच्या हालचालींचे विश्लेषण अतिशय अचूक करण्यात आले. त्यातून शत्रूचे रडार आणि सेन्सर्स कुठे आहेत - याची सखोल आणि अचूक माहिती ९०% अचूकतेसह (Precision) मिळवण्यात आली. याने शत्रूच्या सेन्सर्सचे स्थान आणि फ्रिक्वेन्सी अत्यंत अचूकपणे शोधून काढली.

२. प्रगत हवाई संरक्षण (Advance Air Defence)

यावेळी भारताने आधुनिक अशा संगणकीय तंत्रज्ञाचा उपयोग केला. "आकाशतीर (Akashteer) हे पूर्णपणे 'एआय' AI-आधारित स्वायत्त हवाई संरक्षण दल आहे. याने रिअल-टाइममध्ये शत्रूच्या ड्रोन आणि क्षेपणास्त्रांचा मागोवा घेऊन त्यांना हवेतच नष्ट केले. रशियाकडून घेतलेल्या S-400 हवाई संरक्षण प्रणालीचा वापर करून भारताने ३०० किमी अंतरावरून शत्रूची ५-६ विमाने आणि एक हेरगिरी विमान पाडले. यामध्ये एआयने अचूक वेळ आणि दिशा ठरवण्यात महत्त्वाची भूमिका बजावली."^२

ही यंत्रणा या मोहिमेतील सर्वात महत्त्वाची 'ए.आय. वॉर-क्लाउड' (AI War-cloud) ठरली. आकाशतीरने मानवी हस्तक्षेपाशिवाय शत्रूच्या वेगाने येणाऱ्या ड्रोन आणि क्षेपणास्त्रांचा शोध घेऊन त्यांना हवेतच नष्ट केले. भारतीय लष्कराच्या म्हणण्यानुसार, या यंत्रणेने पाकिस्तानचे सर्व ड्रोन पाडताना १०० % 'किल रेट' नोंदवला. पाकिस्तानच्या ड्रोन हल्ल्यांचा उपसर्ग भारताच्या भूमीवर होणार नाही, याची पुरेपूर काळजी त्यांनी घेतली.

३. निर्णय प्रक्रिया आणि टेहळणी (Decision-making and surveillance)

निर्णय प्रक्रिया आणि टेहळणी या बाबीदेखील अत्यंत गतिमान आणि दर्जेदार होत्या. "त्रिनेत्र (Trinetra) आणि प्रोजेक्ट संजय या प्रणालीच्या मदतीने युद्धाच्या मैदानातील सर्व माहिती एकत्रित करून कमांडर्सना एकाच स्क्रीनवर 'कॉमन ऑपरेशनल पिक्चर' उपलब्ध करून दिले. यामुळे निर्णय घेण्याचा वेग वाढला. 'संजय रणांगण देखरेख प्रणाली' द्वारे रणांगणावरच माहितीवर प्रक्रिया करून स्थानिक पातळीवर त्वरित निर्णय घेणे शक्य झाले. त्रिनेत्रने सर्व सेन्सर्सकडून येणारी माहिती एकत्रित करून सर्व दलांना एकच समान माहिती (Situational Awareness) पुरवली. 'संजय' प्रणालीमुळे रणांगणावर प्रत्यक्ष उपस्थित असलेल्या तुकड्यांना स्थानिक पातळीवर त्वरित निर्णय घेता आले."^३ या सर्व बाबी एआय तंत्रज्ञानाने एकीकृत केल्या होत्या.

४. हवामान आणि मार्गक्रमण (Weather & Logistics)

"भारतीय सैन्य आणि हवामान खात्याने विकसित केलेल्या AI अॅपमुळे ७२ तास आधीचा हवामानाचा अचूक अंदाज मिळाला. यामुळे लांब पल्ल्याच्या तोफांचा मारा करताना वाऱ्याचा वेग आणि दिशा विचारात घेऊन अचूक मारा करणे सोपे झाले. तोफांचा (Artillery) मारा करताना वारा आणि हवेच्या दाबाचा विचार करून अचूक लक्ष्यभेद करणे शक्य झाले."^४ एकंदर ऑपरेशन सिंदूरच्या यशात केवळ सेनादलांचीच कामगिरी महत्त्वाची ठरली असे नाही, तर हवामान खाते, इस्रो आणि बीएसएफ अशा विविध विभाग व संस्था यांनी एकीकृत कार्यवाही केल्यानेच भारताला चारच दिवसात यश मिळविता आले.

लष्करी संसाधने कुठे आणि कशी वापरावीत यासाठी एआयद्वारे हिट मॅप्स तयार करण्यात आले होते. या संपूर्ण मोहिमेत भारताने 'ह्युमन-इन-द-लूप' (Human-in-the-loop) हा दृष्टिकोन ठेवला होता, म्हणजेच एआयने माहिती दिली तरी अंतिम निर्णय मानवी (लष्करी) अधिकाऱ्यानेच घेतला होता.

५. S-400 'सुदर्शन चक्र' वायुरक्षा क्षेपणास्त्र यंत्रणा

"S-400 या रशियन बनावटीच्या वायुरक्षा क्षेपणास्त्र यंत्रणेत भारतीय एआय साधनांचे एकत्रीकरण करण्यात आले होते. त्याने ऐतिहासिक कामगिरी करीत ३०० किमी अंतरावरून SAAB-2000 AEW&C हे पाकिस्तानने स्वीडनकडून घेतलेले एक आधुनिक टेहळणी विमान पाडले. जे लष्करी इतिहासातील सर्वात लांब अंतरावरील 'किल' (Intercept) मानले जाते."^५ अगदी कालबाह्य अशा रशियन बनावटीच्या हवेतून हवेत मारा करणाऱ्या क्षेपणास्त्राचे रुपांतर ड्रोनविरोधी क्षेपणास्त्रात (समर) करण्याचे भारतीय तंत्रज्ञांचे कसब वाखाणण्याजोगे आहे.

सिमरन फ्लोटेक इंडस्ट्रीज आणि यामाझुकी डेन्की या दोन्ही भारतीय खाजगी क्षेत्रातील कंपन्यांच्या सहकार्याने SAMAR हवाई संरक्षण प्रणाली विकसित केली. या प्रणालीमध्ये रशियन बनावटीची Vympei R-73 आणि Vympei R-27 एअर-टू-एअर क्षेपणास्त्रे वापरली जातात. समर रिंकडिशन्ड इन्फ्रारेड (IR) होमिंग R-73E, सेमी-ऑक्टिव्ह रडार होमिंग आणि IR होमिंग पद्धतीचे रुपांतर कमी पल्ल्याच्या वायुरक्षा (SAM) डिफेन्स प्लॅटफॉर्म केले गेले आहे.^६

अचूक लक्ष्य निश्चिती (Precision Targeting)

लष्कराने भारतीय हवामान विभागाच्या सहकार्याने विकसित केलेले एआय मॉडेल वापरले. हवामान खात्याचे हे मॉडेल ७२ तासांआधीच अचूक हवामान अंदाज वर्तवते. कोणत्याही भू-समरनीतीमधील डावपेचात हवामान या भौगोलिक घटकाचा फार मोठा वाट असतो. यामुळे आर्टिलरी (तोफखाना) आणि क्षेपणास्त्रांना प्रतिकूल हवामानातही शत्रूच्या तळावर अचूक मारा करतांना अचूक लक्ष्य निश्चिती शक्य झाले.

ड्रोन आणि लॉइटरिंग म्युनिशन्स (Drones & Loitering Munitions)

भारतीय सेनादलांनी या मोहिमेत अनेक प्रकारचे हार्डवेअर व सॉफ्टवेअरचा बिनचूक असा एकीकृत वापर केला. या ऑपरेशनमध्ये 'Sky Striker' सारख्या ड्रोनचा वापर झाला. स्कायट्रिकर ड्रोन हे 'Edge AI' तंत्रज्ञानावर चालतात. प्रत्यक्ष आक्रमणाच्या वेळी शत्रूने 'जॅमिंग' (Jamming) तंत्रज्ञानाचा वापर केला, तरीही दरम्यान हे ड्रोन कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा उपयोग करीत स्वतः स्वतःचे निर्णय घेऊ शकतात. मानवी जीविताला धोका न पोहोचवता शत्रूच्या तळांना नष्ट करण्यात आले. इतकेच काय? पाकिस्तानातील सामान्य नागरिक - बिनलढाऊ माणसे (civilians) यांनाही उपसर्ग होणार नाही, याची काळजी घेण्यात आलेली होती.

या मोहिमेत नागास्त्र (Nagstra) आणि सुसाईड ड्रॉन्स सारख्या लोयटरिंग म्युनिशन्स (Loitering Munition) चा वापर झाला. हे AI ड्रॉन्स आकाशात घिरट्या घालत शत्रूचा शोध घेतात आणि योग्य वेळ येताच स्वतःला शत्रूवर आदळवून त्याचा नाश करतात. 'या आधुनिक तंत्रज्ञानामुळेच भारताला आपली कोणतीही हानी न होता पाकिस्तानमधील दहशतवादी तळांवर यशस्वी हल्ला करता आला.'^७ ही बाब आज जगात सुरु असलेल्या युद्धांच्या तुलनेत भारतीय तंत्रज्ञांच्या उच्च कौशल्याचा पुरावा देते.

'जिज्ञासा' - एक लष्करी जेनेरेटिव्ह एआय (Jigyasa A military generative AI) -

भारताने स्वदेशी बनावटीचे 'Generative AI' मॉडेल 'Jigyasa' याचा वापर केला. यामुळे प्रत्यक्ष रणभूमीवरील कमांडर्सना किंवा मॉनिटर समोर बसलेल्या निर्णय निर्धारकांना तत्क्षणी किंवा 'रिअल-टाइम' माहितीचा सारांश (Summary) मिळवणे सोपे झाले. ज्यामुळे निर्णय घेण्याचा वेग काही तासांवरून काही मिनिटांवर आला. अत्यंत अल्प वेळेत झालेल्या या कार्यवाहीचे मूल्यांकन करणे पाकिस्तानी ऑपरेटर्सना शक्य झाले नाही.

- भारतीय लष्कराच्या इलेक्ट्रॉनिक्स आणि मेकॅनिकल इंजिनिअर्स कॉर्प्सचे महासंचालक लेफ्ट. जन. राजीव कुमार सहानी यांनी नंतर खुलासा केला की, "ऑपरेशन सिंदूर दरम्यान रिअल टाइममध्ये मल्टी-सेन्सर आणि मल्टी-सोर्स डेटा फ्यूजनसाठी एआयचा मोठ्या प्रमाणात वापर करण्यात आला." त्यांनी दावा केला की, एआयच्या मदतीने भारतीय सैन्य ९४ % यश दराने लक्ष्य अचूक ओळखणे, प्राधान्य देण्यास, शोधणे आणि लक्ष्यांवर हल्ला करण्यास सक्षम होते. या संदर्भात विविध एआय-सक्षम प्रणाली वापरण्यात आल्या.^८

लेफ्ट. जन. राजीव कुमार म्हणाले की, बॅटलफिल्ड सर्व्हिलन्स सिस्टम BSS ने "एज एआय" वापरला. ज्यामुळे ते डेटा प्रक्रिया करण्यास आणि दूरच्या सर्व्हरवर अवलंबून न राहता स्थानिक पातळीवर निर्णय घेण्यास सक्षम बनले. याबरोबरच एज एआयला ड्रोनमध्ये असो किंवा सैनिकांच्या किटमध्ये, थेट प्लॅटफॉर्मवर प्रक्रिया करण्याची शक्ती मिळाली - ज्यामुळे नेटवर्क जॅम झाल्यावर सर्व प्रणाली कार्य करीत राहतील, याची खात्री होती.

तंत्रज्ञानाची वैशिष्ट्ये (Technical Highlights)

भारतीय सैन्याने त्रिनेत्र प्रणालीला बॅटलफिल्ड सर्व्हिलन्स सिस्टमसोबत एकत्रित केले. ही यंत्रणा "संजय" म्हणून ओळखली जाते. एआय-चालित संजय "त्रिनेत्र" सोबत जमिनीवरील व हवाई सेन्सर्समधून एकत्रित केलेला डेटा लष्करी कमांडर्सना युद्धभूमीची परिस्थितीजन्य माहिती तत्काळ देत असल्याने जलद गतीने निर्णय घेण्यास मदत झाली.

- **Sovereign AI:** परकीय सॉफ्टवेअरवर अवलंबून न राहता भारताने स्वतःचे एआय मॉडेल्स वापरले.
- **Predictive Logistics:** युद्धसामग्रीचा पुरवठा कोठे आणि कधी हवा, याचे नियोजन एआयद्वारे करण्यात आले.
- भारताने पाकिस्तानवर कूझ क्षेपणास्त्रांचा वापर करण्याची ही पहिलीच वेळ होती. ज्यात रशियासोबत विकसित केलेले ब्राह्मोस कूझ क्षेपणास्त्र तसेच SCALP-EG हे फ्रेंच बनावटीच्या क्षेपणास्त्रासह इस्राएल व भारतात विकसित केलेली शस्त्रे व इलेक्ट्रॉनिक यंत्रणेचा एकीकृत व अत्यंत प्रभावी असा वापर केला.

- हे दोन्ही देशांमधील पहिले ड्रोन व AI युद्ध होते.
- या संघर्षाच्या यशात इस्रोचा मोठा वाट आहे, कारण एआय आणि सर्व प्रकारच्या बॅटलफिल्ड सर्व्हॅलन्स व क्षेपणास्त्र प्रणालीला मार्गदर्शन करण्यात भारताच्या १० पेक्षा जास्त उपग्रहांचे साहाय्य झाले.
- एकूणच भारतीय सेनादलांच्या तंत्रज्ञांनी एकाच वेळी विविध प्रकारच्या तांत्रिक यंत्रणांचे एकत्रीकरण करित 'आधुनिक तंत्रज्ञानाचा सुरेख असा संगम घडवून पाकिस्तानची सर्व क्षमता दोनच दिवसात कुंठीत केली. ऑप. सिंदूरवर पुस्तक लिहिणाऱ्या लेफ्ट. जन. के जे एस ढिल्लन यांनी नमूद केले आहे की, 'ऑपरेशन सिंदूर' अजूनही सुरू आहे आणि ऑपरेशन सुरू असल्याने जर आपल्याला प्रत्युत्तर द्यावे लागले तर कोणत्याही मंजुरी घेण्याची आवश्यकता नाही.'^९ पाकिस्तान भारतीय सैन्य तैनातीवर लक्ष ठेवण्यासाठी आणि दहशतवाद्यांसाठी घुसखोरीचे मार्ग ओळखण्यासाठी ड्रोनचा वापर करत आहे, अशी माहितीही त्यांनी दिली आहे.
ऑपरेशन सिंदूरने भारताचे लष्करी आधुनिकीकरण आणि सामर्थ्य प्रदर्शित केले. मोहिमेने जैश-ए-मोहम्मद आणि लष्कर ई तोयवाशी संबंधित बहावलपूर आणि मुरीदकेमधील दहशतवादी तळांसह अनुक्रमे जैश-ए-मोहम्मद आणि एलईटीशी संबंधित दहशतवादी तळ आणि पाकव्याप्त जम्मू आणि काश्मीरमधील दहशतवादी लॉच पॅड लक्ष्य केले. 'ऑपरेशन सिंदूर' (Operation Sindoor) मध्ये पाकिस्तानचे मोठे लष्करी, आर्थिक आणि तांत्रिक नुकसान झाले. या कारवाईचे मुख्य उद्दिष्ट दहशतवादी तळ नष्ट करणे हे होते. मात्र पाकिस्तानच्या प्रतिहल्ल्यानंतर भारताने पाकिस्तानच्या लष्करी तळांनाही लक्ष्य केले. भारताच्या हल्ल्यात २०० जास्त दहशतवादी व पाकिस्तानी सैनिक मारले गेले. पाकिस्तानच्या हवाई मालमत्तेपैकी सुमारे २० % भाग नष्ट झाला. पाकिस्तानच्या हवाई मालमत्तेपैकी सुमारे २० % भाग नष्ट झाला, नूर खानसह एकूण पाकिस्तानच्या १२ विमानतळांचे नुकसान करित भारतीय सेनादलांनी हवेत आणि जमिनीवर मिळून पाकिस्तानची ४ ते ६ एफ-१६ (F-16) आणि २ जेएफ-१७ (JF-17) लढाऊ विमाने नष्ट केली, एक वाहतूक विमान व एक अॅवाक्स विमान पाकिस्तानला गमवावे लागले.
ऑपरेशनमुळे पाकिस्तानचे एकूण १.५ अब्ज डॉलर्स (सुमारे १२,५०० कोटी रुपये) इतके मोठे आर्थिक नुकसानही पाकिस्तानला झेलावे लागले. भारताने सिंधू पाणी करार (Indus Waters Treaty) स्थगित केल्यामुळे पाकिस्तानच्या कृषी क्षेत्र आणि अर्थव्यवस्थेवर मोठा परिणाम होण्याची शक्यता निर्माण झाली. भारताने पाकिस्तानसोबतचा द्विपक्षीय व्यापार थांबवला आणि राजनैतिक संबंध कमी केले. यामुळे पाकिस्तानचे आर्थिक व राजकीय असे मोठे नुकसान होते आहे. भारताच्या प्रतिसादातून लष्करी व्यावसायिकता, तांत्रिक परिपक्वता आणि राजनैतिक चातुर्य दिसून आले.
आधुनिक युद्ध स्वायत्त प्रणालींकडे वळत असल्याचे ऑपरेशन सिंदूरने दाखवून दिले. भारताच्या पश्चिम आघाडीवर समन्वित ड्रोन आणि यूएव्ही हल्ल्यांना तोंड देताना, केवळ पारंपारिक संरक्षण पुरेसे नव्हते. या ऑपरेशनने इंद्रजाल सारख्या स्वायत्त काउंटर-यूएव्ही प्लॅटफॉर्मची एकाच वेळी अनेक धोके शोधणे, ट्रॅक करणे आणि निष्प्रभ करण्यात महत्त्वाची भूमिका बजावली - ज्यामुळे मानवी जीव धोक्यात न घालता राष्ट्रीय मालमत्तेचे संरक्षण झाले.
या संरक्षणाच्या केंद्रस्थानी स्वायत्त ड्रोनविरोधी संरक्षण प्रणाली होती. या प्रणालींनी एकाच वेळी आणि स्वायत्तपणे अनेक ड्रोन शोधून ट्रॅक केले आणि निष्क्रिय केले.^{१०} ऑपरेशन सिंदूर हे स्वदेशी तंत्रज्ञानातील श्रेष्ठता आणि कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा कुशलतेने वापर युद्धाचे भविष्य कसे बदलू शकतो! याचे प्राल्यक्षिक होते.

निष्कर्ष (Conclusion)

'ऑपरेशन सिंदूर' हे भारतीय लष्कराच्या आधुनिकीकरणाचे एक उत्तम उदाहरण आहे. कृत्रिम बुद्धिमत्तेमुळे कमीत कमी नुकसान (Collateral Damage) करून शत्रूवर अचूक प्रहार करणे शक्य झाले. या यशाने भारताला जगातील 'AI-Powered' लष्करी शक्तींच्या यादीत अग्रस्थानी नेले आहे.
भारतीय सेनादलांनी खूपच प्रभावी कामगिरी केली. यात आंतरसेना सहकार्य अत्युच्च पातळीवर होते. स्थलसेनेच्या हवाई संरक्षण युनिट्सनी वायुसेनेच्या सहकार्याने काम केले. सैनिकांच्या खांद्यावरून चालविल्या जाणाऱ्या MANPADS व LLD तोफांपासून ते लांब पल्ल्याच्या SAM पर्यंत विविध प्रकारच्या प्रणाली समन्वयाने काम करित होत्या व त्यांनी कृत्रिम बुद्धिमत्तेच्या मदतीने आपल्या मातृभूमीच्या संपत्तीचे रक्षण करतांना पाकिस्तानला जोरदार लष्करी तडाखा दिला.
ऑपरेशन सिंदूरमधील भारतीय सेनादलांच्या आधुनिक तंत्रज्ञानाचा अत्यंत कुशल असा उपयोग केला, ज्याचा पाया कृत्रिम बुद्धिमत्ता हा होता ...आणि प्रचंड यश मिळवित चारच दिवसात पाकिस्तानला पराभूत केले.

१] **ऑपरेशन सिंदूर** - 'ऑपरेशन सिंदूर' ही भारतीय सशस्त्र दलांनी पाकिस्तान आणि पाकव्याप्त काश्मीरमधील (PoK) दहशतवादी तळांविरुद्ध केलेली एक मोठी लष्करी कारवाई होती. ही कारवाई मे २०२५ मध्ये करण्यात आली होती. एप्रिल २०२५ मध्ये जम्मू-काश्मीरमधील पहलगाम येथे झालेल्या भीषण दहशतवादी हल्ल्याला प्रत्युत्तर म्हणून भारताने हे पाऊल उचलले होते.

२] **कृत्रिम बुद्धिमत्ता (एआय) आणि भारतीय सेनादल -**

भारतीय सेनादल सध्या आपली युद्धक्षमता, पाळत ठेवणारी यंत्रणा आणि निर्णय घेण्याची प्रक्रिया अधिक वेगवान व अचूक करण्यासाठी **कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा (Artificial Intelligence - AI)** मोठ्या प्रमाणावर अवलंब करत आहे. २०२६-२७ पर्यंत AI, मशिन लर्निंग (ML) आणि बिग डेटा अॅनालिटिक्स भारतीय सैन्याच्या कार्यात पूर्णपणे समाकलित (Integrate) करण्याचे लष्कराचे ध्येय आहे. पूर्व लडाखसह पाकिस्तान आणि चीनच्या सीमेवरील संवेदनशील भागात AI-सक्षम व्हिडिओ विश्लेषण वापरून मानवी हालचालींची २४/७ पाळत ठेवली जात आहे. युद्धभूमीवर केवळ शस्त्र, उपकरणे व मशिन नाही तर आता स्वयंनिर्णय घेणारी 'एजंटिक एआय' (Agentic AI) प्रणाली वापरली जात आहे.

अग्नि-डी (Agni-D): सीमा सुरक्षा आणि धोका ओळखण्यासाठी भारतीय सैन्याने विकसित केलेले हे विशेष AI-आधारित पाळत ठेवणारे सॉफ्टवेअर आहे.

३] **भारताचे स्वदेशी लष्करी तंत्रज्ञान -**

भारताचे स्वदेशी लष्करी तंत्रज्ञान 'स्वयंपूर्ण भारत' अभियानांतर्गत वेगाने प्रगत होत असून DRDO आणि खाजगी क्षेत्राच्या मदतीने तेजस लढाऊ विमान, अग्नी-V क्षेपणास्त्र, विमानवाहू युद्धनौका आणि अर्जुन रणगाडे यांसारखी आधुनिक शस्त्रे स्वदेशात विकसित केली आहेत. या क्षेत्रात भारताने ६० पेक्षा जास्त विदेशी शस्त्रास्त्रांचे स्वदेशीकरण केले आहे. ब्रह्मोस (BrahMos) क्षेपणास्त्र (रशियाच्या सहकार्याने), आकाश (Akash) SAM, आणि अग्नी (Agni) मालिकेतील बॅलिस्टिक क्षेपणास्त्रे यांचा त्यात समावेश आहे. भारतीय लष्कर आता १५ हून अधिक प्रकारच्या स्वदेशी ड्रॉन्सचा वापर करत असून, यामध्ये 'रुस्तम' आणि 'तपस' सारख्या टेहळणी ड्रॉन्सचा समावेश आहे.

४] **आकाशतीर, एस-४०० क्षेपणास्त्रे -**

भारताची हवाई संरक्षण क्षमता वाढवण्यात एस-४०० (S-400) ट्रायम्फ आणि आकाशतीर (Akashteer) या प्रणाली अत्यंत महत्त्वाची भूमिका बजावत आहेत. या प्रणालींनी भारताच्या हवाई संरक्षणाची फळी अभेद्य बनवली आहे.

एस-४०० (S-400) ट्रायम्फ ही भारत - रशियाची संयुक्त निर्मिती असलेले अत्याधुनिक लांब पल्ल्याची जमिनीवरून हवेत मारा करणारी (SAM) क्षेपणास्त्र प्रणाली आहे. ती एकाच वेळी ३६ लक्ष्यांवर (विमाने, क्षेपणास्त्रे, ड्रॉन) मारा करण्यास सक्षम आहे. हे क्षेपणास्त्र ४०० किमी पर्यंत मारा करू शकते व ती ६०० किमी अंतरापर्यंत शत्रूची विमाने ट्रॅक करू शकते. आकाशतीर (Akashteer) कमांड अँड कंट्रोल सिस्टम ही भारताची स्वदेशी निर्मिती असून ती भारत इलेक्ट्रॉनिक्स लिमिटेड (BEL) द्वारे विकसित केलेली स्वदेशी स्वयंचालित हवाई संरक्षण नियंत्रण प्रणाली आहे. ही प्रणाली भारतीय लष्कराच्या आकाश क्षेपणास्त्र प्रणालींना एकात्मिक आणि समन्वित पद्धतीने काम करण्यास मदत करते. यामुळे कमी वेळात शत्रूच्या ड्रॉन आणि क्षेपणास्त्रांना नष्ट करणे शक्य होते.

५] **घिरट्या घालणारा दारुगोळा**

"घिरट्या घालणारा दारुगोळा" (Loitering Munition) किंवा "कामिकाझे ड्रॉन" (Kamikaze Drone) ही आधुनिक युद्धातील एक अत्यंत प्रगत आणि प्रभावी शस्त्र प्रणाली आहे. हे ड्रॉन आणि क्षेपणास्त्र यांचे मिश्रण आहे. हे ड्रॉन लक्ष्य क्षेत्रावर (Target Area) काही काळ घिरट्या घालतात (म्हणून याला 'Loitering' म्हणतात) आणि लक्ष्य सापडल्यानंतर त्यावर थेट धडक देऊन स्फोट घडवून आणतात. हे मानवरहित हवाई वाहने (UAVs) असून, ते रिमोटने किंवा स्वायत्तपणे (Autonomous) ऑपरेट केले जाऊ शकतात.

संदर्भ (References)

१. <https://theprint.in/defence/op-sindoor-is-indias-first-ai-enabled-operation-how-heavy-use-of-modern-tech-by-army-played-out/2758797/>

२. hehindu.com/news/national/operation-sindoor-demonstrated-indian-armys-ai-driven-capabilities-says-lt-general-rajiv-sahni/article70132060.ece

३. <https://timesofindia.indiatimes.com/india/army-used-ai-in-a-big-way-during-operation-sindoor/articleshow/124345398.cms>
४. www.wionews.com/photos/operation-sindoor-what-is-akashteer-system-that-protected-indias-mainland-from-pakistans-offensive-9051260
५. <https://timesofindia.indiatimes.com/india/army-used-ai-in-a-big-way-during-operation-sindoor/articleshow/124345398.cms>
६. <https://www.spslandforces.com/experts-speak/?id=1088&h=SAMAR-and-Akash-AD-Systems> www.hindustantimes.com/india-news/longest-ever-kill-in-military-history-air-force-showcases-s-400-intercept-vayu-shakti-2026-operation-sindoor
७. <https://thediplomat.com/2025/10/indias-use-of-artificial-intelligence-during-the-indo-pak-four-day-crisis/>
८. भारतीय सेनादलांचा परस्पर उर्जावर्धक समन्वय योजना, जून २०२५, अंक ६, पुणे .
९. Dhillon KJS (Lt Gen), Operation Sindoor: The Untold Story of India's Deep Strikes Inside Pakistan, Penguin Veer, New Delhi, 2025.
१०. <https://indrajaal.in/insights/lessons-from-operation-sindoor-why-the-future-of-warfare-is-autonomous/>