

## कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा ऊर्जा व्यवस्थापनातील प्रभावी वापर- एक अभ्यास

प्रा.डॉ. एम.पी. पलमंटे

संशोधक मार्गदर्शक, श्रीमती सुशीलादेवी देशमुख वरिष्ठ महा. लातूर

प्रकाश धोंडिबा भिंगे

संशोधक विद्यार्थी

### सारांश

एकविसाव्या शतकात तांत्रिक प्रगतीमुळे विविध क्षेत्रांमध्ये क्रांतिकारी बदल झाले असून, कृत्रिम बुद्धिमत्ता (AI) हे या बदलांचे केंद्रबिंदू ठरले आहे. कृत्रिम बुद्धिमत्ता ही संगणक विज्ञानाची उपशाखा असून, ती मशीनना मानवासारखे विचार करण्याची, शिकण्याची आणि निर्णय घेण्याची क्षमता प्रदान करते. ऊर्जा क्षेत्रात पारंपारिक स्रोतांपासून आधुनिक हरित तंत्रज्ञानाकडे संक्रमण होत असून, कृत्रिम बुद्धिमत्ता यामध्ये महत्वाची भूमिका बजावत आहे. वाढती ऊर्जा मागणी, साठवणुकीची मर्यादा, वितरणातील अडथळे आणि पर्यावरणीय आव्हाने लक्षात घेता, ऊर्जा व्यवस्थापन अधिक कार्यक्षम आणि शाश्वत बनवण्याची गरज निर्माण झाली आहे. सौर, पवन आणि जलऊर्जा यांसारख्या अक्षय स्रोतांमध्ये कृत्रिम बुद्धिमत्ता चा वापर करून हवामान, वाऱ्याचा वेग, सूर्यप्रकाश यांचे अचूक अंदाज घेतले जातात. यामुळे उत्पादन नियोजन शक्य होते. तसेच, ऊर्जा मागणीचे पूर्वानुमान, स्मार्ट मीटरिंग, वापर पॅटर्न विश्लेषण, आणि ऊर्जा मागणी व्यवस्थापन अधिक प्रभावी होते. कृत्रिम बुद्धिमत्ता च्या सहाय्याने ऊर्जा साठवणूक प्रणाली अधिक सक्षम बनते; उदा. बॅटरी चार्जिंग/डिस्चार्जिंग, स्मार्ट निर्णय प्रक्रिया, आणि अंदाजात्मक देखभाल (उपकरणांमध्ये भविष्यात कधी बिघाड होऊ शकतो याचे भाकीत). ऊर्जा चोरी, उपकरण बिघाड, अपघात ओळखून वेळीच सूचना मिळतात, ज्यामुळे वितरित उर्जेची गुणवत्ता आणि विश्वसनीयता वाढते. ऊर्जा वितरणात स्मार्ट ग्रिड्स, IoT (इंटरनेट ऑफ थिंग्स) आणि सेन्सर्सच्या साहाय्याने रीअल टाइम निरीक्षण आणि लोड व्यवस्थापन शक्य होते. सरकारच्या विविध योजना आणि खासगी स्टार्टअप्सनी कृत्रिम बुद्धिमत्ता वापरून उत्पादन खर्च, अपव्यय आणि पर्यावरणीय परिणाम कमी केले आहेत. तथापि, डेटा अचूकतेचा अभाव, हार्डवेअरची मर्यादा, सायबर सुरक्षेचा धोका, आणि "ब्लॅक बॉक्स" समस्यांमुळे कृत्रिम बुद्धिमत्ता वापरामध्ये काही अडचणी आहेत. तरीही, योग्य नियोजन, मजबूत पायाभूत सुविधा आणि मानव-केंद्रित दृष्टिकोन यांद्वारे कृत्रिम बुद्धिमत्ता चा वापर हरित ऊर्जा व्यवस्थापनात क्रांती घडवू शकतो. हाच या संशोधन लेखाचा मुख्य उद्देश आहे - कृत्रिम बुद्धिमत्ता द्वारे उर्जाक्षेत्रात होणाऱ्या सकारात्मक बदलांचा अभ्यास आणि विश्लेषण करणे.

**बीजशब्द (Keyword):** कृत्रिम बुद्धिमत्ता, इंटरनेट ऑफ थिंग्स, अनुकूलन, अंदाजात्मक देखभाल

### प्रस्तावना

एकविसावे शतक हे विकासाचे, तंत्रज्ञानाचे म्हणून ओळखले जाते. संगणकाच्या शोधापासून तांत्रिक प्रगतीचे आयाम बदललेले दिसून येतात. तसे पाहता कृत्रिम बुद्धिमत्ता ही संगणक विज्ञानाची एक उपशाखा असून ज्यामध्ये मशीन आणि संगणकांना सजीव माणसासारखी विचार करण्याची, वेगवेगळ्या परिस्थितीमध्ये निर्णय घेण्याची आणि अनुभवातून नवीन गोष्टी शिकण्याची क्षमता प्राप्त झाली आहे. 1956 साली अमेरिकेतील Dartmouth Conference मध्ये "Artificial Intelligence" हा शब्द प्रथम वापरण्यात आला. "बुद्धिमान यंत्र तयार करण्याचे विज्ञान आणि अभियांत्रिकी" अशी त्याची व्याख्या दिली. कृत्रिम बुद्धिमत्ता तंत्रज्ञानाचा वापर जागतिक स्तरावर सध्या जवळपास सर्वच क्षेत्रांमध्ये करण्यात येऊ लागला आहे. विविध क्षेत्रातील कार्याची अचूकता, सुलभता, आणि कमी खर्चाच्या संदर्भात कृत्रिम बुद्धिमत्ता वेगाने एक प्रभावी साधन म्हणून उदयास आले आहे. जागतिक स्तरावर ऊर्जा क्षेत्रात सध्या संक्रमण सुरू असून ऊर्जेची वाढती मागणी, संसाधनाचे घटते प्रमाण, हवामान बदलाच्या चिंताजनक घटना आणि अक्षय ऊर्जा स्रोताच्या नवनवीन शोधांमुळे ऊर्जेच्या उत्पादन, वितरण आणि वापराच्या पद्धतीमध्ये

बदल घडून येत आहेत. पारंपारिक ऊर्जा प्रणाली चे स्वरूप अधिक अधिक विखुरलेल्या हरित आणि आधुनिक स्वरूपामध्ये बदलत आहे. अशा बदलांमुळे ऊर्जा व्यवस्थापन अधिक गुंतागुंतीचे झाले आहे आणि त्यासाठी अचूक जलद आणि निर्णयक्षम उपायांचे आवश्यकता निर्माण होऊ लागली आहे. भारतासारख्या विकसनशील देशात ऊर्जे संदर्भातील विविध समस्या आढळून येतात. ज्यामध्ये ऊर्जेची वाढती मागणी, ऊर्जेची साठवणूक क्षमता, ऊर्जेचे वितरण, ऊर्जेची चोरी व अपव्यय, भविष्यातील ऊर्जेची मागणी वाढण्याचा हक्क कमी होण्याचा निश्चित अंदाज, नवीकरणी ऊर्जा स्रोत संदर्भातील भविष्यातील येणाऱ्या हवामानाची अचूक माहिती, ऊर्जा बचतीसाठी कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित विविध उपकरणांचा वापर, तसेच औद्योगिक कृषी आणि सेवा क्षेत्रातही ऊर्जा कार्यक्षमतेसाठी आणि उत्पादन परीक्षेतील उर्जेचा वापर नियंत्रित करण्यासाठी हे आहे आणि सॉफ्टवेअरच्या माध्यमातून कृत्रिम बुद्धिमत्तेच्या सहाय्याने उद्या क्षेत्रात अनेक बदलांना वाव आहे.

या संशोधन लेखांमध्ये ऊर्जा व्यवस्थापनातील कृत्रिम बुद्धिमत्तेच्या वापराचा अभ्यास करण्याचा प्रयत्न करण्यात आला आहे. ज्यामुळे ऊर्जा क्षेत्रात कृत्रिम बुद्धिमत्तेच्या

माध्यमातून हो पाहत पाहत असलेल्या बदलांचे विश्लेषण करण्यात आले आहे.

## 1) साहित्य सिंहावलोकन

1) "स्मार्ट ग्रीडमधील कृत्रिम बुद्धिमत्तेची भूमिका - एक संक्षिप्त आढावा" या लेखात एम. बालमुरुगन, कमला नारायणन, एन. रघु, जी. बी. अर्जुन कुमार, व्ही. एन. नुमी यांनी मत मांडले आहे. स्मार्ट ग्रीडमधील विविध टप्प्यांमध्ये AI (कृत्रिम बुद्धिमत्ता) च्या भूमिकेचा आढावा घेतला आहे, जसे की नियंत्रण अल्गोरिदम, अनुकूलन (ऑप्टिमायझेशन) धोरणे आणि मागणी-पक्ष व्यवस्थापन. प्रत्येक टप्प्यामध्ये, संशोधकांनी स्मार्ट ग्रीडमधील समस्यांचे निराकरण करण्यासाठी डीप लर्निंग (DL), मशीन लर्निंग (ML), नैसर्गिक भाषा प्रक्रिया (NLP) यांसारख्या विविध कृत्रिम बुद्धिमत्ता तंत्रज्ञानांचा वापर केला आहे. प्रत्येक पद्धतीचे विशिष्ट कार्यप्रदर्शन निकषांनुसार मूल्यमापन करणे जरी कठीण असले, तरीही त्या पद्धतींच्या प्रभावकारितेचा सारांश या लेखात देण्यात आला आहे. चर्चेनुसार, AI पद्धती भविष्यात स्मार्ट ग्रीडमधील गुंतागुंतीच्या समस्या सोडवण्यासाठी उपयुक्त साधन ठरतील, असा निष्कर्ष काढण्यात आला आहे.

2) "उद्योगातील ऊर्जाशिष्ट संरक्षण (Zerowatt केस स्टडी)" IIT मद्रासने स्थापन केलेल्या Zerowatt Energy या स्टार्टअपने (कृत्रिम बुद्धिमत्ता) AI आणि IoT वापरून औद्योगिक ऊर्जा वापरात बचत साधल्याचे दर्शविले आहे.

3) पी व्ही मॅगझीन इंडिया वरील प्रकाशित माहिती नुसार राष्ट्रीय स्मार्ट ग्रिड मिशन (NSGM) आणि डेटा चालवलेली ऊर्जा प्रणाली भारत सरकार अंतर्गत राष्ट्रीय स्मार्ट ग्रिड मिशन NSGM अंतर्गत AI आणि डेटा विश्लेषणाचा वापर स्मार्ट मीटरिंग, मागणी पूर्वानुमान, आणि ऊर्जा वितरण यांचे सुधारणा करण्यासाठी केला जात आहे तसेच UDAY (Ujjwal DISCOM Assurance Yojana) आणि EESL योजनेमधील AI वापर UDAY अंतर्गत, AI आधारित टूल्स वीज वितरण कंपन्यांच्या कार्यप्रदर्शन रक्षणासाठी वापरले जात आहेत. EESL अंतर्गतही AI आधारित ऊर्जा बचत उपाय अंमलात आणले जात आहेत.

## 2) ऊर्जा क्षेत्रातील कृत्रिम बुद्धिमत्तेचा वापर

### अ) ऊर्जा निर्मिती आणि कृत्रिम बुद्धिमत्ता :-

ऊर्जा निर्मितीमध्ये आज अनेक स्रोतांचा वापर होतो - कोळसा, नैसर्गिक वायू, पाण्याची ऊर्जा, सौर आणि पवन ऊर्जा. यामध्ये AI ची भूमिका मुख्यतः ऊर्जेचे

उत्पादन जास्तीत जास्त कार्यक्षम बनवणे ही आहे. सौर आणि पवन ऊर्जा ही नैसर्गिक घटकांवर आधारित असल्याने अनिश्चित असते. AI च्या सहाय्याने हवामान, सूर्यप्रकाश, वाऱ्याचा वेग यांचे पूर्वानुमान करून, पुढील काही तासांमधील ऊर्जा निर्मिती किती प्रमाणात होऊ शकते. आणि उत्पादन किती असेल याचा अचूक अंदाज बांधता येतो.

AI वापरून पारंपरिक ऊर्जा संयंत्रांमध्ये देखील उत्पादन कार्यक्षम बनवता येते. उदा., तापमान, दाब, इंधन वापर यावर आधारित नियंत्रण प्रणाली, जी AI च्या सहाय्याने स्वयंचलित होत असल्यामुळे इंधन खर्च कमी होतो आणि उत्पादन वाढते. तसेच, अंदाजात्मक देखभाल च्या माध्यमातून AI उपकरणांच्या बिघाडाच्या शक्यता आधीच ओळखतो. त्यामुळे उत्पादन ठप्प होण्याची शक्यता कमी होते.

### ब) ऊर्जा मागणी आणि कृत्रिम बुद्धिमत्ता

आजच्या आधुनिक युगात ऊर्जा ची मागणी वेगाने वाढताना दिसत आहे. त्यामुळे ऊर्जेची मागणी सतत वाढत चालली आहे. औद्योगिकीकरण, शहरीकरण, आणि डिजिटल उपकरणांच्या वापरामध्ये झालेल्या झपाट्याने वाढीमुळे ऊर्जा व्यवस्थापन हे एक मोठे आव्हान ठरत आहे. याच पार्श्वभूमीवर, कृत्रिम बुद्धिमत्ता हे अत्याधुनिक तंत्रज्ञान ऊर्जा व्यवस्थापनात प्रभावी साधन म्हणून पुढे आले आहे. AI चा उपयोग केवळ ऊर्जा उत्पादन आणि वितरणातच नाही, तर ऊर्जेच्या मागणीवर थेट परिणाम घडवून आणण्यातही केला जात आहे. AI च्या सहाय्याने उर्जेची मागणी अचूकपणे पूर्वानुमानित केली जाऊ शकते. उदा. स्मार्ट मीटर्स, सेन्सर्स आणि IoT उपकरणांच्या माध्यमातून गोळा केलेला डेटा AI च्या विश्लेषणासाठी वापरला जातो. या डेटावर आधारित AI अल्गोरिदम वेळ, ऋतू, तापमान, वापरकर्त्यांचे वर्तन, औद्योगिक क्रिया अशा विविध घटकांचा अभ्यास करून ऊर्जेच्या वापराचे पॅटर्न ओळखतात. त्यामुळे ऊर्जा पुरवठा करणाऱ्या कंपन्यांना अंदाज घेता येतो की कोणत्या वेळेस, कोणत्या भागात, किती मागणी असू शकते. AI चा वापर करून "डिमांड साइड मॅनेजमेंट" अधिक प्रभावी बनवता येते. उदाहरणार्थ, जर विशिष्ट कालावधीत ऊर्जेची मागणी खूप जास्त असण्याची शक्यता असेल, तर AI प्रणाली वापरकर्त्यांना वेळेवर सूचना देऊ शकते किंवा घरातील स्मार्ट उपकरणांना स्वयंचलितपणे बंद/कमी करू शकते.

### क) ऊर्जा पुरवठा आणि कृत्रिम बुद्धिमत्ता

ऊर्जा पुरवठा ही प्रक्रिया म्हणजे वीज उत्पादन केंद्रांपासून ग्राहकांपर्यंत वीज पोहोचवण्याचा एक महत्वाचा प्रवास आहे. या प्रक्रियेत ऊर्जा निर्माण, संचयन, वितरण, आणि वितरण पश्चात व्यवस्थापन अशा अनेक टप्प्यांचा समावेश होतो. पारंपरिक पद्धतींमध्ये या सर्व टप्प्यांचे नियोजन आणि नियंत्रण मानवी हस्तक्षेपाने होत असे,

ज्यामध्ये अचूकता, वेळेचे नियोजन आणि आकस्मिक बिघाडांवर नियंत्रण ठेवण्यात अडचणी येत असत. मात्र, कृत्रिम बुद्धिमत्ता चा वापर झाल्यानंतर या सर्व प्रक्रिया अधिक सुलभ, कार्यक्षम आणि जलद झाल्या आहेत. AI चा सर्वात महत्वाचा वापर ऊर्जा मागणीचे अचूक अंदाज बांधणे या टप्प्यावर होतो. स्मार्ट मीटर्स, सेन्सर्स आणि IoT उपकरणांद्वारे संकलित मोठ्या प्रमाणातील डेटा AI प्रणालीद्वारे विश्लेषित केला जातो. या विश्लेषणाच्या आधारावर ऊर्जा मागणी कधी, कुठे आणि किती असेल, हे अगोदरच ओळखता येते. यामुळे ऊर्जा उत्पादक कंपन्यांना योग्य वेळी योग्य प्रमाणात ऊर्जा उत्पादनाचे नियोजन करता येते, आणि अनावश्यक किंवा अपुरे उत्पादन टाळता येते.

कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित प्रणाली वापरून ऊर्जा वापराचे अनुकूलन करता येते. वापरकर्त्याला योग्य वेळेचा सल्ला देऊन ऊर्जेचा वापर कमी करणे शक्य होते. उदा., वीज दर जास्त असताना वॉशिंग मशीन, वॉटर हीटर यांसारख्या उपकरणांचा वापर टाळण्याचे सूचवले जाते. ही "शेड्युलिंग" प्रक्रिया AI स्वतः करत असल्याने वापरकर्ता किमान हस्तक्षेप करून ऊर्जा वाचवू शकतो. त्यामुळे, ऊर्जा मागणी नियंत्रणात राहते. AI चा आणखी एक परिणाम म्हणजे ऊर्जेचा वापर सुसंगत होतो आणि अपव्यय कमी होतो. पूर्वी अंदाजे वापरावर आधारित उत्पादन होत असे, परंतु आता वास्तविक मागणीच्या आधारे ऊर्जा निर्मिती नियोजित केली जाऊ शकते. यामुळे ऊर्जा साठवणुकीवर होणारा खर्चही कमी होतो, तसेच पर्यावरणावर होणारा दुष्परिणामही मर्यादित होतो. शहरी भागांमध्ये "स्मार्ट सिटीज" च्या माध्यमातून AI आधारित ऊर्जा नियोजन राबवले जात आहे. ट्राफिक नियंत्रण, पथदिवे, सार्वजनिक वाहतूक या सर्व क्षेत्रांमध्ये AI वापरून ऊर्जा मागणी नियंत्रीत ठेवली जाते. तसेच, औद्योगिक क्षेत्रातही प्रचंड ऊर्जेची वचत होते, जेव्हा AI प्रणाली उत्पादन प्रक्रियेत आवश्यकतेनुसार ऊर्जा पुरवठा नियंत्रीत करतात.

#### ड) ऊर्जा साठवणूक

कृत्रिम बुद्धिमत्ता चा साठवणुकीत सर्वात महत्वाचा उपयोग म्हणजे ऊर्जा मागणीचा आणि उत्पादनाचा अचूक अंदाज बांधणे. मशीन लर्निंग अल्गोरिदम मोठ्या प्रमाणातील ऐतिहासिक डेटा, हवामान अंदाज, वापर पॅटर्न आणि सौर/पवन उत्पादनाचे रेकॉर्ड वापरून भविष्यातील मागणी आणि उपलब्धतेचा अंदाज लावतात. या अंदाजावर आधारित AI प्रणाली ऊर्जा कधी साठवायची आणि कधी वापरायची हे ठरवते. उदा., जर रात्री विजेची मागणी जास्त होणार असेल आणि दिवसा सौर ऊर्जा उपलब्ध असेल, तर AI दुपारी जास्तीत जास्त ऊर्जा बॅटरीत साठवून ठेवते आणि रात्री ती वापरण्यासाठी सोडते. AI चा वापर करून बॅटरी व्यवस्थापन प्रणाली अधिक अचूक होते. AI बॅटरीच्या

चार्जिंग आणि डिस्चार्जिंगची गती, तापमान, आरोग्य आणि कार्यक्षमता (Efficiency) यांचा सतत मागोवा घेते. हे डेटा वापरून AI बॅटरीचे आयुष्य वाढवते आणि नुकसान टाळते. उदा., जर बॅटरी गरम होत असेल तर AI चार्जिंगची गती कमी करू शकते किंवा काही वेळासाठी थांबवते. ऊर्जा साठवणुकीत कृत्रिम बुद्धिमत्ता स्मार्ट निर्णय घेत असते. बाजारातील वीज दर, ऊर्जा साठवणुकीची किंमत, मागणीचा वेळ, आणि हवामानाचे बदल हे सगळे घटक लक्षात घेऊन AI ठरवते की साठवलेली ऊर्जा सध्या वापरावी की विकावी. उदा., जर विजेचा दर बाजारात जास्त असेल, तर AI साठवलेली ऊर्जा ग्रिडला विकण्याचा निर्णय घेते. यामुळे आर्थिक लाभ मिळतो आणि संसाधनांचा वापर योग्य होतो. AI चा वापर ऊर्जा साठवणुकीतील दोष ओळखण्यात देखील होतो. बॅटरी, इन्व्हर्टर किंवा अन्य हार्डवेअरमध्ये कोणतेही अनियमित वर्तन आढळले, तर कृत्रिम बुद्धिमत्ता त्याचा वेळीच मागोवा घेऊन "Predictive Maintenance" प्रणाली सुरू करते. यामुळे उपकरणे बंद पडण्याआधीच दुरुस्ती शक्य होते, आणि संपूर्ण ऊर्जा साखळी अखंडित राहते.

स्मार्ट गृहे, औद्योगिक क्षेत्र आणि स्मार्ट ग्रिड्समध्ये AI आधारित ऊर्जा साठवण प्रणालींमुळे वापरकर्ता आपल्या गरजेनुसार ऊर्जा साठवू किंवा वापरू शकतो. उदा., एखाद्या घरात सौर पॅनल लावले असतील, तर AI त्या घरात वापरासाठी किती वीज ठेवायची आणि ग्रिडला किती पाठवायची हे ठरवते. या सगळ्याचा निर्णय वापर, वीज दर आणि वेळ या घटकांवर आधारित असतो.

शहरीकरणाच्या आणि इलेक्ट्रिक वाहनांच्या वाढत्या वापरामुळे ऊर्जा साठवणुकीची गरज प्रचंड प्रमाणात वाढते आहे. कृत्रिम बुद्धिमत्ता वापरून EV चार्जिंग स्टेशनसाठी ऊर्जा साठवण नियोजन केले जाते. उदा., वाहने चार्ज करताना ग्रिडवर भार येऊ नये म्हणून, कृत्रिम बुद्धिमत्ता पूर्वीच ऊर्जा बॅटरीत साठवून ठेवते आणि गरजेनुसार वापरते. कृत्रिम बुद्धिमत्ता चा आणखी एक उपयोग म्हणजे ऊर्जा साठवण धोरण आखणे. सरकार किंवा ऊर्जा कंपन्या विविध धोरणात्मक पातळीवर कृत्रिम बुद्धिमत्ता चा वापर करून साठवणुकीसाठी योग्य तंत्रज्ञान निवडतात, भौगोलिक परिस्थितीचा अभ्यास करतात, आणि खर्च/फायद्याचे गणित मांडतात. यामुळे दीर्घकालीन योजना अधिक यशस्वीपणे राबवल्या जातात.

#### इ) उर्जा अपघात, गळती किंवा उपकरण बिघाड

ऊर्जा उत्पादन व वितरण प्रणालीमध्ये अपघात, गळती किंवा उपकरणांचा बिघाड यामुळे कार्यक्षमतेत घट, आर्थिक नुकसान आणि मानवी सुरक्षिततेवर धोका निर्माण होतो. ही समस्याच कमी करण्यासाठी आधुनिक ऊर्जाक्षेत्रात कृत्रिम बुद्धिमत्ता (Artificial Intelligence -

**AI)** चा प्रभावी वापर केला जात आहे. AI च्या मदतीने विविध उपकरणांवर सेन्सर बसवून तापमान, दाब, कंपन (vibration), वीज प्रवाह, इंधन वापर यांसारखा डेटा सतत संकलित केला जातो. हा डेटा AI मॉडेलद्वारे रीअल-टाइममध्ये विश्लेषित केला जातो आणि कोणताही संभाव्य अपघात, गळती किंवा बिघाड होण्याच्या आधीच चेतावणी दिली जाते. अशा प्रकारे **predictive maintenance** शक्य होते, ज्यामुळे अचानक यंत्रणा बंद पडण्याची शक्यता कमी होते. उदा., टरबाइनमध्ये वाढलेला कंपन AI मॉडेलने ओळखल्यास, इंजिनिअर्सला वेळेत तपासणी करून मोठा बिघाड टाळता येतो. याशिवाय, ऊर्जा गळती किंवा वीज चोरीची शक्यता ओळखून त्या भागात लक्ष केंद्रीत करता येते. AI प्रणाली स्वयं-कृतीक्षम (automated) असल्यामुळे काही यंत्रणा स्वतःहून दोषग्रस्त भाग वेगळा करतात किंवा बॅकअप यंत्रणा सुरू करतात. उदाहरणार्थ, **NTPC** ने त्यांच्या कोळसा प्रकल्पात अशा AI प्रणाली वापरून मोठ्या बिघाडापासून प्लांटला वाचवले आहे. यामुळे ऊर्जा वितरण अधिक सुरक्षित, कार्यक्षम व खर्चिकदृष्ट्या फायदेशीर बनले आहे. AI चा वापर पारंपरिक ऊर्जेत केल्यास कार्यक्षम व्यवस्थापन, विश्वसनीय सेवा व अपघातमुक्त भविष्य शक्य होते.

#### फ) ऊर्जा वितरण प्रणाली आणि कृत्रिम बुद्धिमत्ता

ऊर्जा वितरण प्रणाली ही वीज निर्मितीनंतर ती ग्राहकांपर्यंत पोहोचवण्याची प्रक्रिया असते. पारंपरिक वितरण व्यवस्था अनेकदा दोषग्रस्त, धीम्या आणि खर्चिक असते. या पार्श्वभूमीवर, **कृत्रिम बुद्धिमत्ता** चा वापर ऊर्जा वितरणात कार्यक्षमतेने केला जात आहे. AI चा उपयोग प्रामुख्याने **रीअल-टाइम डेटा विश्लेषण**, **प्रेडिक्टिव मॅटेनन्स**, **लोड व्यवस्थापन**, **ऊर्जा चोरी व गळती शोधणे**, आणि **ग्रीड ऑप्टिमायझेशन** यासाठी केला जातो. उदा., वितरण लाईनवरील सेन्सर आणि **IoT** उपकरणांमधून मिळणारा डेटा AI अल्गोरिदमद्वारे सतत विश्लेषित केला जातो. यामधून वीज प्रवाहातील अडथळे, ओव्हरलोड, किंवा उपकरण बिघाड तत्काळ ओळखता येतो. अशा प्रणाली अपघात होण्यापूर्वीच चेतावणी देतात, ज्यामुळे **unplanned shutdowns** टाळता येतात.

कृत्रिम बुद्धिमत्ता च्या मदतीने स्मार्ट ग्रीडमधील **लोडचे पूर्वानुमान** घेता येते, ज्यामुळे वीज मागणीनुसार वितरण शक्य होते आणि वीज वाया जाणे टाळले जाते. याशिवाय, **ऊर्जा चोरी** किंवा **गैरवापर** झाल्यास AI आधारित प्रणाली संबंधित ठिकाणे ओळखून प्रशासनाला त्वरित सूचित करतात. काही ठिकाणी AI प्रणाली ग्राहकांच्या वापराच्या पद्धतींचा अभ्यास करून **डायनॅमिक प्रायसिंग** व **ऊर्जा सल्ला** देखील देतात, ज्यामुळे ग्राहकांचे समाधान आणि वीज बचत दोन्ही साध्य

होते. उदा., महाराष्ट्र स्टेट इलेक्ट्रिसिटी डिस्ट्रीब्युशन कंपनीने (MSSEDCL) काही स्मार्ट सिटी प्रकल्पांमध्ये कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित स्मार्ट मीटर आणि ग्रीड ऑटोमेशन वापरले आहेत. त्यामुळे ग्राहकांना अचूक बिलिंग, झटपट सेवा आणि सतत वीज पुरवठा मिळतो आहे. एकूणच, ऊर्जा वितरण प्रणालीत AI चा वापर केल्याने **वेळेवर निर्णय घेता येतो**, **सेवा अपटाइम वाढतो**, **खर्च कमी होतो**, आणि **ग्राहक अनुभव सुधारतो**. भविष्यात, कृत्रिम बुद्धिमत्ता मुळे ऊर्जा वितरण अधिक आत्मनिर्भर, विश्वासाह आणि पर्यावरणपूरक होणार आहे.

#### 2) मर्यादा :-

ऊर्जा व्यवस्थापनात कृत्रिम बुद्धिमत्ता हे अत्याधुनिक तंत्रज्ञान असून, त्याचा उपयोग मागणीचा अंदाज घेणे, ऊर्जा बचत, दोष ओळख, ग्रीड ऑप्टिमायझेशन आणि ग्राहक सेवा सुधारण्यासाठी मोठ्या प्रमाणात होतो. मात्र, या तंत्रज्ञानाच्या काही मर्यादा देखील आहेत, ज्या लक्षात घेणे आवश्यक आहे. सर्वप्रथम, कृत्रिम बुद्धिमत्ता प्रणाली कार्यान्वित करण्यासाठी मोठ्या प्रमाणावर डेटा संकलन, साठवण आणि प्रक्रिया करण्याची आवश्यकता असते. परंतु, सर्व ठिकाणी आवश्यक तो उच्च दर्जाचा डेटा उपलब्ध नसतो, ज्यामुळे विश्लेषणाची अचूकता कमी होऊ शकते. तसेच, कृत्रिम बुद्धिमत्ता मॉडेलसना प्रशिक्षित करताना चुकीचा किंवा अपूर्ण डेटा वापरल्यास गैरसमज आणि चुकीचे निर्णय होऊ शकतात, जे ऊर्जाव्यवस्थेसाठी धोकादायक ठरू शकतात.

दुसरी मर्यादा म्हणजे, कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित ऊर्जा व्यवस्थापन प्रणालींना उच्च दर्जाची हार्डवेअर व नेटवर्क सुविधा लागतात. ग्रामीण व कमी विकसित भागांमध्ये अशी पायाभूत सुविधा नसेल, तर कृत्रिम बुद्धिमत्ता प्रणाली प्रभावीपणे काम करू शकत नाहीत. शिवाय, या प्रणालींचा कार्यान्वयन खर्चही तुलनेत अधिक आहे, जो सर्व संस्थांना परवडणारा नसतो. आणखी एक महत्वाची मर्यादा म्हणजे, कृत्रिम बुद्धिमत्ता प्रणाली सतत स्वयंचलित निर्णय घेत असल्यामुळे मानवी हस्तक्षेप कमी होतो, आणि त्यामुळे प्रणालीमध्ये चुकीच्या कृती झाल्यास नियंत्रणात आणणे कठीण होऊ शकते.

याशिवाय, कृत्रिम बुद्धिमत्ता प्रणाली डेटा गोळा करत असताना गोपनीयता आणि सायबर सुरक्षेचे प्रश्न निर्माण होतात. हॅकिंग किंवा डेटाचा दुरुपयोग झाल्यास उर्जा प्रणालीवर गंभीर परिणाम होऊ शकतो. कृत्रिम बुद्धिमत्ता चे काही मॉडेलस पारदर्शक नसतात — म्हणजेच त्यांचे निर्णय का आणि कसे घेतले गेले, हे स्पष्टपणे समजत नाही ("black box" समस्या). त्यामुळे धोरणकर्त्यांना त्यावर विश्वास ठेवणे कठीण जाते. एकूणच, कृत्रिम बुद्धिमत्ता हे ऊर्जा व्यवस्थापनात क्रांतिकारी ठरणारे तंत्रज्ञान असले



तरी, त्याच्या वापरासोबत काही तांत्रिक, आर्थिक, सामाजिक आणि सुरक्षा संदर्भातील मर्यादा आहेत. योग्य नियोजन, डेटा गुणवत्ता, पायाभूत सुविधा, आणि मानव-केंद्रित दृष्टिकोन ठेवूनच AI चा यशस्वी वापर शक्य होईल.

### 3) निष्कर्ष :

ऊर्जा व्यवस्थापनाच्या क्षेत्रात कृत्रिम बुद्धिमत्ता चा वापर हा एक क्रांतिकारी टप्पा ठरत आहे. पारंपरिक ऊर्जा निर्मिती व वितरण पद्धतींमध्ये अनेक समस्या होत्या - जसे की अनियोजित मागणी, ऊर्जा अपव्यय, चोरी, उपकरण बिघाड, अपघात, आणि पर्यावरणीय परिणाम. या पार्श्वभूमीवर, कृत्रिम बुद्धिमत्ता ने स्मार्ट ग्रीड्स, स्मार्ट मीटर्स, IoT सेन्सर्स, आणि क्लाउड बेस्ट ऑनलिटिक्सच्या माध्यमातून ऊर्जेच्या प्रत्येक टप्प्यावर सुधारणा घडवून आणली आहे. कृत्रिम बुद्धिमत्ता प्रणाली मागणीचा अचूक अंदाज घेऊन उत्पादन नियंत्रित करते, ऊर्जा वितरण अनुकूल करते, साठवणूक सक्षमपणे करते आणि वापराच्या पद्धती समजून ग्राहकांना ऊर्जा वापर सल्ला देते. औद्योगिक व शहरी क्षेत्रांमध्ये कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित उपायांमुळे उत्पादन खर्चात घट, सेवा गुणवत्तेत वाढ आणि अपघातांची शक्यता कमी झालेली दिसून येते. स्मार्ट गृहे, इलेक्ट्रिक वाहने, अक्षय ऊर्जा प्रकल्प, आणि ऊर्जा कंपन्या यांसारख्या क्षेत्रांत कृत्रिम बुद्धिमत्ता वापरल्यामुळे ऊर्जा कार्यक्षमता वाढवण्यात यश मिळाले आहे.

तथापि, कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित ऊर्जाव्यवस्थापन काही मर्यादा घेऊन येते. प्रामुख्याने, उच्च गुणवत्ता असलेला डेटा आवश्यक असतो, जो सर्वत्र सहज उपलब्ध होत नाही. ग्रामीण आणि आर्थिकदृष्ट्या दुर्बल भागांत हार्डवेअर व नेटवर्कची कमतरता AI च्या प्रभावीतेस मर्यादा आणते. सायबर सुरक्षेच्या धोक्यांमुळे कृत्रिम बुद्धिमत्ता आधारित ग्रीड हॅक होण्याची शक्यता असते. कृत्रिम बुद्धिमत्ता प्रणाली पारदर्शक नसल्याने त्यांचे निर्णय समजणे कठीण होते आणि मानवी हस्तक्षेप मर्यादित असल्यामुळे तांत्रिक चुका लक्षात येण्यास वेळ लागू शकतो. अशा तांत्रिक व सामाजिक मर्यादा असूनही, जर योग्य नियोजन, सुरक्षितता, पारदर्शकता, आणि मानव-केंद्रित दृष्टिकोन वापरला गेला, तर कृत्रिम बुद्धिमत्ता ऊर्जेच्या भविष्याला आकार देणारे महत्त्वपूर्ण साधन ठरू शकते. भारतासारख्या विकसनशील देशात, जेथे ऊर्जा मागणी झपाट्याने वाढते आहे, कृत्रिम बुद्धिमत्ता चा वापर अधिक कार्यक्षम, शाश्वत आणि सुरक्षित ऊर्जेच्या व्यवस्थापनासाठी महत्त्वाचा ठरेल. शासन, संशोधक, उद्योग आणि नागरिक यांच्यातील समन्वयाने आणि प्रगत धोरणांनी हे परिवर्तन यशस्वी होऊ शकते.

### 4) शिफारसी:

- 1) ऊर्जा क्षेत्रात कृत्रिम बुद्धिमत्ता प्रणाली वापरासाठी अजूनही गुणवत्तापूर्ण व मोठ्या प्रमाणात डेटा संपण्यासाठी देशव्यापी अत्याधुनिक उपकरण आणि सेवांची निर्मिती करणे गरजेचे आहे.
- 2) कृत्रिम बुद्धिमत्ता वापरातील सायबर सुरक्षाचा असलेला धोका ऊर्जा क्षेत्रातून कमी करण्यासाठी स्वतंत्र व अद्यावत सुरक्षा प्रणाली विकसित करणे गरजेचे आहे.
- 3) ऊर्जा क्षेत्रातील कृत्रिम बुद्धिमत्तेच्या वापरासाठी ग्रामीण व आदिवासी विभागांमध्ये असणारे हार्डवेअर नेटवर्क व प्रशिक्षण सुविधा उपलब्ध करून देणे आणि कृत्रिम बुद्धिमत्तेच्या वापरा संदर्भात जनजागृती करणे अत्यावश्यक आहे.
- 4) ऊर्जा क्षेत्रातील कर्मचाऱ्यांना कृत्रिम बुद्धिमत्ता वापरण्यासाठी प्रशिक्षित करणे आणि निर्णय प्रक्रियेमध्ये मानवी हस्तक्षेप अबाधित राखणे यामुळे होणारे अपघात टळतील.
- 5) शासनाने कृत्रिम बुद्धिमत्ता वापरणारा संदर्भातील सुरक्षाविषयक दस्तावेज, नियम, व कायद्यांची नियोजन पदापणी करणे अत्यंत गरजेचे आहे.
- 6) कृत्रिम बुद्धिमापन क्षेत्रातील संशोधन व विकासासाठी गुंतवणूक वाढवणे आणि विविध प्रयोगांना चालना देणे आवश्यक आहे.

### संदर्भसूची

- 1) "आर्टिफिसियल इंटेलिजन्स", डॉ. गिरीष वालावलकर, माय मिरर पब्लीकेशन हाऊस,
- 2) "आर्टिफिसियल इंटेलिजन्स- एक नवीन क्रांतिकारी युग", डॉ. दीपक शिकारपूर, दिलीपराज प्रकाशन प्रा. लिमिटेड
- 3) "अप्लाइड आर्टिफिसियल इंटेलिजन्स टू ग्रीन पॉवर टेक्नॉलॉजी", योगेश कुमार चौहान, रंजन कुमार बेहरा, आशिष के. सिंग, नोव्हा सायन्स पब्लिशर. २०२२
- 4) "The Impact of Artificial Intelligence on Renewable Energy Systems" Puja Gupta, Sudesh Kumar, Youddha Beer Singh, Pawan Singh, Suresh Kumar Sharma, Neeraj Kumar Rathore
- 5) "Importance of Artificial Intelligence in Achieving SDGs India", Shivani Gupta, Satendar Bal Gupta, Monika Gupta
- 6) "The Clean Energy Revolution: The Future of Green Technology" by David J. C.
- 7) mackay, Oxford University Press, 2020
- 8) International Energy Agency (IEA). (2023) world Energy Outlook 2023 from www.iea.Org