पेय–भूजल गुणवत्ता निर्धारण में स्पष्टीकरण से स्पष्टीकरण (फज़ी लॉजिक) विधियों की भूमिका

श्वेतांक[1], सुहास[1], जितेंद्र चौधरी[1] एवं सरिता कुशवाहा[1]

गुरुकुल कांगडी विश्वविद्यालय, हरिद्वार, Email-shwetank.arya@gmail.com

सारांश

आधुनिक युग में किसी समस्या अथवा अस्पष्टता की स्थिति में पारंपरिक सिद्धान्तों का प्रयोग प्रायः कम से कम किया जाता है। वैज्ञानिक दृष्टि कोण के आधार पर संसार की समस्यायें जटिल होती हैं तथा वास्तविक व स्पष्ट रूप से परिभाषित नहीं हो पाती हैं। इसके मुख्य कारण–प्रयुक्त तत्वों की अनिश्चितता, परस्पर निर्भरता तथा परिस्थितियां होती हैं। इस प्रकार की जटिल समस्याओं का हल निकालने में फज़ी लॉजिक का उपयोग उपयुक्त हो सकता है। दूसरे शब्दों में, अस्पष्ट स्थिति अथवा इनके समूह के द्वारा स्पष्ट स्थिति की अपेक्षा की जा सकती है। इस सिद्धान्त को अस्पष्टता में स्पष्टता का सिद्धान्त कहते हैं। फज़ी लॉजिक विधियां तीन चरणों में कार्यान्वित होती हैं, स्पष्टीकरण, निष्कर्ष व स्पष्टीकरण। यह समस्या को आंकिक मानों के पारस्परिक संबंधों के सन्दर्भ में प्रस्तुत न करके, समस्या का प्राकृतिक व भाषाई चित्र प्रस्तुत करती हैं। जटिल समस्याओं को सरलता से हल करने के कारण यह तर्क व्यापक रूप से डिसिजन सपोर्ट सिस्टम में प्रयोग किया जाता है। फज़ी लॉजिक प्राकृतिक व पर्यावरण संबंधी समस्याओं का अध्ययन व हल निकालने में महत्वपूर्ण भूमिका निभाता है। इस शोध् पत्र में पेय–भूजल की गुणवत्ता, मात्रा व उपलब्धता को ज्ञात करने में प्रयोग होने वाली फज़ी लॉजिक विधियों, सुपरवाइस्ड व इंटीग्रेटेड सुपरवाइस्ड फज़ी लॉजिक विधियों की समीक्षा विस्तारपूर्वक की गयी है। सुपरवाइस्ड फज़ी लॉजिक, पेय–भूजल की पूर्व जानकारी जैसे भौतिक, रासायनिक व जैविक लक्षणों पर आधारित है। सुपरवाइस्ड फज़ी लॉजिक विधि एक संकर पद्धिति है। जिसमें आर्टिफिशियल न्यूरल नेटवर्क का समावेश किया जा सकता है। इस विधि मे तंत्र की आंतरिक क्रिया प्राणाली में हस्तक्षेप किया जा सकता है तथा परिणाम आर्टिफिशियल न्यूरल नेटवर्क के आंतरिक क्रियात्मक सिद्धान्तों पर निर्भर होता है। यह शोध पत्र निश्चित करता है कि पेय–भूजल गुणवत्ता निर्धारण में फज़ी लॉजिक परंपरागत सिद्धान्तों से क्यों और कैसे उत्कृष्ट है।

मुख्य शब्दः फज़ी लॉजिक, पेय–भूजल, फ़ज़िफिकेशन, सुपरवाइस्ड व इंटीग्रेटेड सुपरवाइस्ड फज़ी लॉजिक।

Abstract

In modern era, to solve real world problems or to deal with ambiguous situations, traditional principles and methods are rarely adopted. Scientifically, real world problems are complex and are not well defined. The main reasons of these problems are the uncertainties, interdependencies and situations of elements under consideration. Fuzzy logic may be appropriate to solve such complex problems and it provides an acceptable solution in an ambiguous environment. In other words, using fuzzy logic, a real and clear solution of a problem can be drawn from an ambiguous situation. This principle is called fuzzy logic. Fuzzy logic methodology executes in three steps, fuzzification, inference and defuzzification. It represents a problem in natural and linguistic terms rather than representing the problem by the relationships between crisp values. Fuzzy logic is often used in decision making systems as it can solve complex problems in an easy way. Fuzzy logic plays an important role in solving and analyzing natural and environmental problems. In this research paper the fuzzy logic, supervised and unsupervised fuzzy logic methods, used for drinking groundwater quality and availability assessment, have been reviewed in detail. Supervised fuzzy logic requires a prior knowledge about physical, chemical and biological information of drinking groundwater. Supervised fuzzy logic is a hybrid methodology, which may integrates capability and functionality of Artificial Neural Network. In this methodology working of system can be controlled by user and the result of system depends on internal functioning of Artificial Neural Network. This research paper ensures that how and why fuzzy logic is superior to traditional methods of drinking groundwater quality assessment.

Keywords: Fuzzy Logic, Drinking groundwater, Fuzzification, Supervised and Unsupervised fuzzy logic

प्रस्तावना (Introduction)

प्रत्येक शोधकार्य की सफलता निश्चितता व अनिश्चितता के बीच होती है। अतः सदैव एक ऐसी तकनीक या विधि के निर्माण की आवश्यकता रहती है जिसमें अनिश्चित परिणाम को निश्चित परिणाम में बदलने की क्षमता हो। इसी क्रम में, शोधकर्ताओं द्वारा फज़ी लॉजिक को गणितीय व सांख्यिकीय विधियों की तुलना में एक नई एवं सुदृढ़ तकनीक या विधि के रूप में प्रस्तुत किया गया है जो किसी भी शोध समस्या को उसकी अनिश्चितता की स्थिति से एक निश्चित परिणाम में बदलने की क्षमता रखती है। पर्यावरण संबंधी समस्याओं का हल निकलने के फज़ी लॉजिक को गणितीय व सांख्यिकीय विधियों की तुलना में अधिक सुदृढ़ माना जाता है तथा शोधकर्ता भी इस विधि पर विश्वास करते हैं। सामान्यतः पारंपरिक गणितीय विधियां (पा.ग.वि.) पर्यावरण संबंधी समस्याओं को सही रूप से हल नहीं कर पातीं हैं क्योंकि इस प्रकार की समस्याओं के लिए मानवीय अनुभव की भाषाई शब्दों में आवश्यकता होती है। पेय–भूजल गुणवत्ता निर्धारण (पे.भू.गु.नि.), विभिन्न पर्यावरण संबंधी समस्याओं में से एक अत्यंत ज्वलनशील समस्या है। किसी भी विकासशील देश के सामाजिक एवं आर्थिक विकास के लिए भूजल एक संभावित स्रोत है। यद्यपि, भारत सहित दुनिया के अनेक देशों में, कृषि, औद्योगिक, प्रौद्योगिकी विकास एवं जनसंख्या विकास के कारण, पेय–भूजल गंभीर प्रदूषण जैसी भयावह स्थिति में है। घरेलू, कृषि और औद्योगिक क्रियाओं में पानी की अधिक आवश्यकता होती है जिसके कारण भूजल का दोहन अत्यधिक बढ़ जाता है। भूजल की इस अत्यधिक आवश्यकता के कारण, भूजल प्रबंधन का कार्य अत्यंत कठिन हो जाता है।

पूर्व में किये गये शोध कार्यो द्वारा यह सिद्ध किया गया है कि भारत में पेय–भूजल गुणवत्ता में निरंतर ह्यस हुआ है जिसके मुख्य कारक घरेलू अपशिष्ट पदार्थ, अत्यधिक उर्वरक एवं कीटनाशकों का अनावश्यक प्रयोग, औद्योगिक अपशिष्ट पदार्थों का उत्सर्जन और मिट्टी संशोधन हैं। अतः अंत में, इन सामग्रियों का भूमि में रिसाव, भूजल की गुणवत्ता को गिराने का एक मुख्य कारण बन जाता है।

यद्यपि, पे.भू.गु.नि. एक जटिल भूजल प्रदूषण मूल्यांकन मॉडल के रूप में माना और प्रस्तावित जा किया सकता है जिसमें अनेक मापदण्ड जैसे भौतिक (पी.एच., रंग, स्वाद, आदि), रासायनिक (कैल्शियम, सोडियम, क्लोरीन, आदि), मिट्टी का प्रकार, भूगोल, भूजल सतह की गहराई, आदि होते हैं। कभी–कभी ये मापदण्ड एक दूसरे पर निर्भर भी होते हैं और इनमें अनिश्चितता (आंकड़ों में अनिश्चितता, नमूने की अनिश्चितता, विश्लेषण अनिश्चितता और प्रतिरूपण की अनिश्चितता) तथा जटिलता भी शामिल होती हैं [1]।

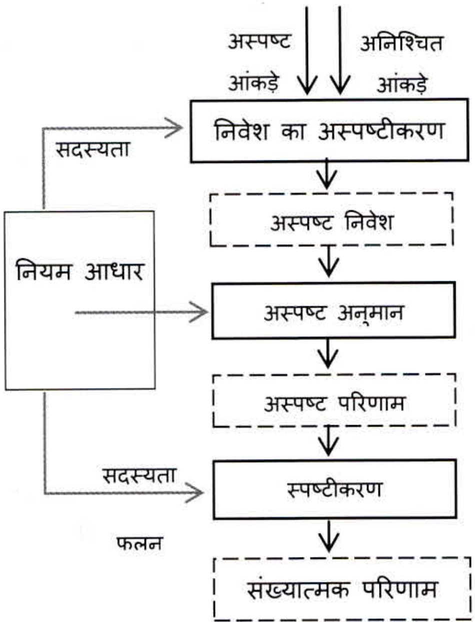
इस शोधपत्र में पारंपरिक पे.भू.गु.नि. विधियों जैसे कि कारक विश्लेषण (Factor Analysis), मुख्य घटक विश्लेषण (मु.घ.वि.), ड्रास्टिक (DRASTIC) तथा एकीकृत विधियोंः फज़ी लॉजिक, एडेप्टिव न्यूरो फज़ी इनफरेंस सिस्टम (अनफिस) (ANFIS), आदि की समीक्षा की गई है । यहाँ पर प्रस्तुत शोध कार्य पे.भू.गु.नि. हेतु, संयत संगणन (Soft Computing) (फज़ी लॉजिक, कृत्रिम तंत्रिका संजाल और आनुवंशिक कलनविधि), भौगोलिक सूचना प्रणाली (GIS), दूरस्थ संवेदन (Remote Sensing), गणित और सांख्यिकीय विधियों के संयुक्त उपयोग से सम्बंधित व उन पर केंद्रित है।

इस शोधपत्र का मुख्य उद्देश्य यह सिद्ध करना है कि पे.भू.गु.नि. में निरीक्षिय व संयुक्त–निरीक्षिय फज़ी लॉजिक "क्यों?और "कैसे?सक्षम और उपयोगी हैं। साथ ही, पे.भू.गु.नि. के लिए एक संकर प्रतिरूप (Model) भी प्रस्तावित किया गया है।

2. फज़ी लॉजिक की अवधारणा (Concept of Fuzzy Logic)

वास्तविक दुनिया की परिमाणात्मक समस्याएं, जिन्हें गणितीय विधियों द्वारा हल किया जाता है, नियतात्मक विधियों से सम्बंधित हैं। यह विधि परंपरागत तर्क, जो संख्यात्मक समूहों का उपयोग करता है, द्वारा प्रबलित है। इस विधि में अक्रमित अनिश्चितताओं (random uncertanities), जो विभिन्न अवलोकनों में आती हैं, को नियंत्रित करने के लिए सांख्यिकीय और गणितीय विधियां का प्रयोग होता है। किन्तु वास्तविकता में जन सामान्य एवं शोध जैसी जटिल समस्याओं में अनिश्चितता सांख्यिकीय रूप में नहीं होती है, साथ ही प्रायिकता के स्थान संभावना के प्रयोग पर बल देती हैं। ऐसी परिस्थिति में वास्तविक समस्याओं की जटिलता एवं अनिश्चितता को नियंत्रित करने के लिए फज़ी लॉजिक का प्रयोग किया जा सकता है। साठवें दशक के अंतिम समय में, ऐसे तर्कसंगत विचार, जो कि यथार्थ न होकर अस्पष्ट होते हैं, के संबंध में "फज़ी लॉजिक" को प्रस्तुत किया गया था [11]।

फज़ी लॉजिक, जिसे बहु–मान तर्क भी कहा जाता है, बहुमुखी समस्याओं, जिनमें अनिश्चित तथा अस्पष्ट तथ्य होते हैं, को हल करने के लिए प्रयोग किया जाता है [10] यह पारंपरिक तर्क का एक उच्च् समूह (super set) होता है। पारंपरिक तर्क के फलन एक समूह के सदस्यों और गैर–सदस्यों को भिन्न करने के लिए उन्हें क्रमश(कोलन) 1 और 0 अंक देते हैं। दूसरी ओर, फज़ी लॉजिक के फलन (सदस्यता फलन) एक समूह के सदस्यों और गैर–सदस्यों को भिन्न करने के लिए सदस्यता श्रेणी देते हैं। सदस्यता श्रेणी, समूह के सदस्यों को दिया एक मान होता है जो कि समूह के सदस्यों की सदस्यता अंक को इंगित करता है। एक सदस्य की सदस्यता अपने सदस्यता अंक के अनुपाति होती है [11]। इस प्रकार के फलन को सदस्यता फलन और समूह को अस्पष्ट समूह कहा जाता है। फज़ी लॉजिक की कार्यप्रणाली को चित्र–1 में दिखाया गया है।



चित्र-1: फज़ी लॉजिक की कार्यप्रणाली

2.1 अस्पष्टीकरण (Fuzzification)

अस्पष्टीकरण विधि में उपयुक्त सदस्यता फलन का प्रयोग करके, आंकिक मूल्यों को अस्पष्ट मूल्यों में इस प्रकार परिवर्तित करता है कि सभी अस्पष्ट मान 0 और 1 के बीच में हो जाते हैं। सदस्यता फलन एक दिये गये संख्यात्मक समूह (Crisp set) *'अ'* के प्रत्येक 'ब ∈ स' को एक मूल्य ''$\mu_{अ}$' प्रदान करती है जिसे प्रतीक के रूप में निम्न प्रकार दिखाया जाता है–

$$\mu_{अ}: स \rightarrow [0,1] \qquad ....(1)$$

जहाँ 'स' एक सार्वभौमिक (Universal) समूह और [0,1] वास्तविक अंतराल को दिखाता है। सार्वभौमिक समूह के तत्वों को आवंटित मान का सदस्यता अंक या सदस्यता कोटि कहते हैं।

प्रायः अस्पष्टीकरण प्रक्रिया में दो चरण में संपन्न होते हैं। पहला, निवेशित/परिणामित (Input/Output) चरों के लिए सदस्यता फलन का निर्माण तथा दूसरा, निवेशित/परिणामित चरों को भाषाई शब्दों में व्यक्त करना।

सदस्यता फलन विभिन्न प्रकार के होते हैं जैसे कि त्रिकोणीय (Triangular), विषम चतुर्भुजी (Trapezoidal), गौसीअन (Gaussian), घंटी आकार (Bell Shaped), अवग्रहाकार (Sigmoidal) और S आकार। उपयुक्त सदस्यता फलन का चुनाव समस्या के प्रकार पर निर्भर करता है [13]।

2.2 अस्पष्ट अनुमान (Fuzzy Inferce)

अस्पष्ट अनुमान में अस्पष्ट नियमों का प्रयोग करके, एक अस्पष्ट निवेश 'क' के अनुरूप एक अस्पष्ट परिणाम 'ख' प्राप्त किया जाता है। अनुमान प्रणाली, अस्पष्ट नियमों तथा मानव के निर्णय लेने की क्षमता का अनुकरण करते हुए, अनुमानित अस्पष्ट परिणामों की संभावनाओं को बताती है। इस प्रणाली में अस्पष्ट समूह की क्रियाओं द्वारा प्रत्येक नियम के लिए एक अस्पष्ट सम्बन्ध परिभाषित किया जाता है। सभी अस्पष्ट नियमों के परिणामों को एकत्रित करके प्रणाली के परिणाम को प्राप्त किया जाता है [12]।

फज़ी लॉजिक प्रणाली की क्षमता; अस्पष्ट नियम समूह द्वारा वर्णित होती है, जो कि नियम आधार (rule base) स्थापित करता हैं। एक आदर्श अस्पष्ट नियम निम्न प्रकार का होता है–

यदि X है Y, तो P है Q

जहाँ, X और Y भाषाई चर हैं जबकि P और Q उनके भाषाई मान हैं। इस स्थिति में 'X है Y' को पूर्व पद (antecedent) तथा 'P *है* Q' को निष्कर्ष (concequence) कहा जाता है। एक अस्पष्ट 'यदि–तो' (IF-THEN) नियम, अस्पष्ट ज्ञान को व्यक्त करने की, एक ज्ञान प्रस्तुतीकरण पद्धति है। अस्पष्ट नियमों के दो प्रकार के होते हैं; अस्पष्ट प्रतिचित्रण नियम (fuzzy mapping rule) और अस्पष्ट अनुमान नियम (fuzzy inference rule)। एक अस्पष्ट प्रतिचित्रण नियम, भाषाई चरों के माध्यम से, निवेश व परिणाम के बीच के कार्यात्मक प्रतिचित्रण संबंध को परिभाषित करता है जबकि अस्पष्ट अनुमान नियम, अस्पष्ट नियमों के संघटन के अनुसार परिणाम देता है [14]।

2.3 स्पष्टीकरण (Defuzzification)

अस्पष्ट अनुमान प्रणाली के परिणाम भाषाई शब्द होते हैं तथा वास्तविक अनुप्रयोगों के लिए उपयुक्त नहीं होते हैं। अतः अस्पष्ट परिणाम को संख्यात्मक मूल्यों में परिवर्तित करना आवश्यक हो जाता है। अस्पष्ट परिणाम को संख्यात्मक मूल्यों में परिवर्तित करने की प्रक्रिया को स्पष्टीकरण कहते हैं। औपचारिक रूप से, स्पष्टीकरण में, एक अस्पष्ट परिणाम को संख्यात्मक मूल्यों में प्रतिचित्रित किया जाता है [12]। स्पष्टीकरण के लिए अनेक सिद्धांत जैसे कि क्षेत्र का केंद्र (centre of area), योग का केंद्र (centre of sums), सबसे बड़े क्षेत्र का केंद्र (centre of largest area), उच्चिष्ठ का प्रथम (first of maxima), उच्चिष्ठ का अंतिम (last of maxima), उच्चिष्ठ का मध्य (middle of maxima), ऊँचाई स्पष्टीकरण (height defuzzification), प्रयोग किये जा सकते हैं [21]।

2.4 निरीक्षिय फज़ी लॉजिक पद्धति (Supervised Fuzzy Method)

निरीक्षिय फज़ी लॉजिक पद्धति में उपयोगकर्ता, अस्पष्टीकरण, अस्पष्ट अनुमान और स्पष्टीकरण के लिए उपयुक्त विधि का चयन कर सकता है तथा कार्यप्रणाली को नियंत्रित कर सकता है अर्थात उपयोगकर्ता प्रतिरूप की कार्यप्रणाली में हस्तक्षेप कर सकता है। उदाहरण के लिए, भूजल प्रवणता मानचित्र (Groundwater vulnerability map) के सभी बिन्दुओं का वर्गीकरण करने के लिए, उपयोगकर्ता मानचित्र में कुछ बिन्दुओं का एक नमूना तैयार करता है और फिर सॉफ्टवेयर को वर्गीकरण करने का निर्देश देता है। अतः निरीक्षिय अस्पष्ट पद्धति में सदस्यता वर्ग की श्रेणीयों का पूर्वज्ञान होता है, परन्तु अनिरीक्षिय फज़ी लॉजिक पद्धति में सदस्यता वर्ग की श्रेणीयों का पूर्वज्ञान नहीं होता है साथ ही यह उचित सदस्यता श्रेणीयों को उत्पन्न करने का प्रयास करता है।

2.5 संयुक्त–निरीक्षिय फज़ी लॉजिक पद्धति (Integrated Supervised Fuzzy Logic)

फज़ी लॉजिक की अवधारणा को संयुक्त निरीक्षिय अस्पष्ट पद्दिति के रूप में विकसित किया जा सकता है। इसके अंतर्गत अस्पष्टीकरण, अस्पष्ट अनुमान, स्पष्टीकरण एवं निरीक्षिय अस्पष्ट पद्दितियों का समावेश होता है। इस नवीन फज़ी लॉजिक पद्दिति में नियमों की आनुवंशिकता का प्रभाव एकीकृत कर नये अस्पष्ट नियम व उन पर आधारित उन्नत विधियों का निर्माण किया जा सकता है। जो पारम्परिक शोध विधियों जैसे जल–गुणवत्ता तालिका, संतृप्ति सूचकांक, मु.घ.वि. [18] और कारक विश्लेषण [15] इत्यादि से अधिक प्रभावशाली व शुद्ध परिणाम दे सकते हैं।

संयुक्त–निरीक्षिय फज़ी लॉजिक पद्धति में फज़ी लॉजिक व अन्य वैज्ञानिक विधियों के एकीकरण द्वारा किसी समस्या को सुलझाया जाता है। उदाहरण के लिए, वर्तमान अनुसंधान परिदृश्य में भौगोलिक सूचना प्रणाली– फज़ी लॉजिक [22], दूरस्थ संवेदन–अस्पष्ट तर्क [1], भौगोलिक सूचना प्रणाली–दूरस्थ संवेदन–अस्पष्ट तर्क [25], कृत्रिम तंत्रिका संजाल–फज़ी लॉजिक [1] के संयुक्त रूप का प्रयोग अपनी प्रारम्भिक स्थिति में है।

3. भूजल संदूषण व निर्धारण (Groundwater Contamination and Assessment)

भूमि में चट्टानों के नीचे और मिट्टी के कणों के बीच एकत्र जल को उपसतह जल या भूजल कहते हैं। भूजल में अनेक खनिज प्राकृतिक रूप से उपस्थित होते हैं तथा इन्हें भूजल के अभिन्न अंग के रूप में माना जाता है (जैसे सोडियम, कैल्शियम व आयरन) [6]। जिनकी संतुलित मात्रा मानव स्वास्थ्य के लिए आवश्यक होती है, किन्तु अधिक मात्रा मानव स्वास्थ्य के लिए हानिकारक व विषाक्त भी होती है [7]। कृषि अपशिष्ट, मानवजनित अपशिष्ट, उद्योग अपशिष्ट और कभी–कभी भूगर्भीय परिवर्तन, भूजल संदूषण के प्रमुख स्रोत माने जाते हैं [8]। सामान्यतः भूजल संदूषण तीन प्रकार का होता है [27]।

- पहला– शहरीकरण जो कि घरेलू अपशिष्ट व मलजल के अनुचित एवं अव्यवस्थित निकास के कारण भूजल संदूषण को बढ़ाता है [4]।
- दूसरा– कृषि जो कि भूजल में लवण, उर्वरक, कीटनाशक, पशु अपशिष्ट की अनुचित प्रवेश के लिए उत्तरदायी है [9]।
- तीसरा– उद्योग जो कि औद्योगिक अपशिष्ट जल भंडारण, निकास व रिसाव, रासायनिक अपशिष्ट उत्सर्जन के कारण भूजल संदूषण को बढ़ाता है [19]।

3.1 परंपरागत विधियां (Classical Methods)

यद्यपि आधुनिक पे.भू.गु.नि एक उन्नत तकनीक है जो परिष्कृत विश्लेषण और निर्णय लेने की क्षमता प्रदान करती है। यह विधा परम्परागत गणितीय विधियों से उन्नत की गई है, जो कि सभी आधुनिक विधियों के निर्माण में मुख्य भूमिका निभाती है। परंपरागत पे.भू.गु.नि विधि मुख्य रूप से भूमि मानचित्र, भौतिक–रासायनिक क्रियाओं, संख्यात्मक एवं विभिन्न गणितीय समीकरणों का उपयोग करते हुए शोध समस्याओं का समाधान करने में सक्षम और सार्थक होती है।

वर्तमान एवं पूर्व में किये गए शोध कार्यों से यह ज्ञात होता हैं कि कूड़े–कचरे, घरेलू अवशिष्ट, भारी धातुओं (जैसे– कॉपर, निकिल, लेड इत्यादि) और रासायनिक खाद में उपस्थित नाइट्रेट आदि के रिसाव से भूजल प्रदूषण की समस्या [3] शहरी भूजल संदूषण, कृषि भूजल संदूषण एवं औद्योगिक भूजल संदूषण [4] के रूप में जाने जाते हैं। जिस कारण पेट का कैंसर [2] जैसी जानलेवा बीमारियाँ दिन प्रतिदिन बढ़ती जा रही हैं। उपरोक्त संदूषणों के रासायनिक घटकों, मात्रा, स्थिति, सांध्रता आदि का अध्ययन एवं विश्लेषण करने के लिए ड्रास्टिक [1], जल गुणवत्ता तालिका (ज.गु.ता.), संतृप्ति सूचकांक, मु.घ. वि. [18] और कारक विश्लेषण [15], ट्राई–लीनियर विश्लेषण [16], क्रिगिंग [17] आदि परंपरागत विधियों को प्रयोग किया गया है।

इन सभी विधियों को मूल रूप से पा.ग.वि. माना जा सकता है क्योंकि ये विधियां पे.भू.गु.नि. के लिए गणितीय विश्लेषण का उपयोग करती हैं। पा.ग.वि., पे.भू.गु.नि. से जुड़ी अनिश्चितताओं को सही रूप में नियंत्रित नहीं कर सकती हैं तथा इस कारण पे.भू.गु.नि. के परिणामों को सही रूप से प्रदर्शित करने में असक्षम होती हैं।

3.2 संयुक्त विधियां

फज़ी लॉजिक, पर्यावरण सम्बंधी समस्याओं से संबंधित अनिश्चितताओं को सरलता से नियंत्रित कर सकता है। फज़ी लॉजिक के इसी गुण के कारण इसको पे.भू.गु.नि.में प्रायः प्रयोग किया जाता है। समान्यतः पे.भू.गु.नि में दो प्रकार की अनिश्चिततायें होती हैं [20]। पहली– भौगोलिक परिवर्तन तथा दूसरी– मानवजनित अनिश्चिततायें जैसेः निवेश, मापदंड का मूल्य, प्रतिरूपण, विश्लेषण आदि में अनिश्चितता। अब तक भारत में, एक अस्थिर वातावरण में पे.भू.गु.नि. की अनिश्चितताओं का निर्धारण करने के लिए बहुत कम निरीक्षिय व संयुक्त–निरीक्षिय फज़ी लॉजिक विधियां प्रयोग की गयीं हैं। परंपरागत गणितीय विधियों के विपरीत बहुत कम शोधकार्यों, पेय भूजल गुणवत्ता व उपयुक्तता [20] [22-24] [26], दोषपूर्णता [1] [20], भूजल प्रदूषण के खतरे का मूल्यांकन [14], जलभृत प्रदूषण [19], कृषि गतिविधियों द्वारा प्रदूषण [21], नाइट्रेट सांद्रता का आंकलन तथा भूजल संदूषण पदार्थों का वितरण [5], द्वारा पेय–भूजल गुणवत्ता का अपरंपरागत विधियों से आकलन किया गया है। इन शोधकार्यों में विभिन्न विधियों जैसे कि फज़ी ड्रास्टिक प्रतिरूप [1] [19], फज़ी संख्यात्मक अनुरूपण [20], फज़ी निर्णय समर्थन प्रणाली [14] [25], फज़ी सीपेज प्रतिरूप [21], फज़ी कृत्रिम मूल्यांकन, फज़ी सिमुलिंक प्रतिरूप [24], अनफिस, ताकागी–सुगेनो फज़ी प्रतिरूप [25], ममदानी फज़ी प्रतिरूप [26], का प्रयोग किया गया है। दो कारणों से ये सभी विधियां संयुक्त–निरीक्षिय फज़ी लॉजिक विधियां कहलाती हैं। पहला, इन सभी विधियों में दो या दो से अधिक विधियों का समायोजन किया गया है। दूसरा, ये विधियां निरीक्षिय हैं, क्योंकि–

1. अस्पष्ट नियम आधार बनाने में विशेषज्ञों के लेखों एवं शोध कार्यों का प्रयोग किया गया है।
2. अस्पष्ट अनुमान करने से पहले सभी अस्पष्ट नियमों को एक अंक दिया गया है।
3. विशेषज्ञों के शोध के आधार पर, पेय–भूजल की गुणवत्ता के मापदंड वर्गों को पूर्व निर्धारित किया गया है।

4. उपसंहार

इस शोध पत्र में पे.भू.गु.नि. की पारंपरिक और आधुनिक विधियों का एक व्यवस्थित सर्वेक्षण किया गया है। पूर्व में विकसित भूजल प्रतिरूप पारंपरिक गणितीय विधियों पर आधारित हैं। पूर्व में किये गये शोध कार्यों की समीक्षा से ज्ञात होता है कि पे.भू.गु.नि में संयुक्त–निरीक्षिय फज़ी लॉजिक विधियों का प्रयोग भारत वर्ष में बहुत कम किया गया है, साथ ही कुछ निश्चित मापदण्डों को केंद्र में रखते हुए शोधकार्य किये गये हैं। यह शोध पत्र पे.भू.गु.नि. के लिए, परंपरागत विधियों के साथ–साथ फज़ी लॉजिक की उपयोगिता को दर्शाता है। साथ ही जानकारी एवं सूचना के आभाव, अनिश्चितता, व स्पष्टता की स्थिति में फज़ी लॉजिक के महत्व को सिद्ध करता है। प्रत्येक एकल विधि सभी जटिल स्थितियों में सही परिणाम नहीं दे पाती है। उदहारण के लिए ड्रास्टिक, जल गुणवत्ता तालिका, सीपेज प्रतिरूप, अनिश्चितताओं का सफल रूप से निर्धारण नहीं कर सकते हैं। उक्त विधियों की यह असफलता फज़ी लॉजिक द्वारा दूर की जा सकती है। किन्तु फज़ी लॉजिक भौगोलिक निर्णय/विश्लेषण करने में असमर्थ होता है। फज़ी लॉजिक की यह कमी भौगोलिक सूचना प्रणाली व दूरस्थ संवेदन विधि द्वारा दूर की जा सकती है। इस प्रकार के संयोजन से एक संकर प्रतिरूप की रचना होती है। जिसमें सभी समायोजित विधियों की विशेषताएं समाहित होती हैं।

हमारा निष्कर्ष यह है कि पे.भू.गु.नि के सही व निश्चित आकलन के लिए एक ऐसे संकर प्रतिरूप का प्रयोग किया जाना चाहिए जिसमें गणितीय, सांख्यिकीय, संयत संगणन, भौगोलिक सूचना प्रणाली व दूरस्थ संवेदन का संयोजन किया गया हो। इस प्रकार विकसित संकर प्रतिरूप सभी संयोजित विधियों की क्षमताओं को एक ही मंच पर एकत्र करके किसी समस्या के हल के प्रत्येक पहलू पर विचार करता है। इस सुदृढ़ संकर प्रतिरूप के द्वारा पेय–भूजल गुणवत्ता का मात्रात्मक और गुणात्मक अध्ययन किया जा सकता है।

5. सन्दर्भः

[1] दिक्सॉन बी., 2003, *"प्रेडिक्शन ऑफ़ ग्राउंडवाटर वल्नेरेबिलिटी यूसिंग ऐन इंटीग्रेटेड जी आई एस बेस्ड न्यूरो फज़ी तकनीक"*, जर्नल ऑफ़ स्पेशियल हाइड्रोलॉजी, वॉल्यूम 4(2).

[2] चुन–यूह यांग, मिंग–फेन चेंग, शंग,–श्युए त्साइ,या–लुन हसिह, 1998, *"कैल्शियम, मैग्नीशियम, एंड नाइट्रेट इन ड्रिंकिंग वॉटर एंड गैस्ट्रिक कैंसर मोर्टेलिटी"*, जैपनीज़ जर्नल ऑफ़ कैंसर रिसर्च, वॉल्यूम 89(2):124–130.

[3] चुन एकोल, मूरत बुडाकोग्लू, मुस्तफ़ा कुमराल, अली एच. गुलटेकिन, मेलिह तुरहान, विल्डन ऐसेनली, फुट यवुज़, युक्सेल ओरगुन, 2003, *"हैवी मेटल पोलुशन एंड एसिड ड्रेनेज फ्रॉम दा अबंदनद बाल्या, लेड–ज़िंक सल्फाइड माइन, एन डब्लू अनटोलिआ, तुर्की"*, एनवायर्नमेंटल जियोलॉजी, वॉल्यूम 45: 198-208.

[4] नसरुल्लाह, राफिआ नाज़, हमीदा बीबी, मुदस्सर इक़बाल, एम. इल्यास दुर्रानी, 2006, *''पोलुशन लोड इन इंडस्ट्रियल एफ्फलुएंट एंड ग्राउंडवाटर ऑफ़ गडून अमज़ाई इंडस्ट्रियल एस्टेट स्वाबी, एन डब्लू एफ पी''*, जर्नल ऑफ़ एग्रीकल्चरल एंड बायोलॉजिकल साइंस, वॉल्यूम 1(2):18–14.

[5] एस. वेंकटेसरन, एस. करुप्पन्नं, एस. विजय प्रभु, आर. कन्नन, एस. मलार, पी. प्रभु, 2013, *''हाइड्रो केमिकल कॅरेक्ट्रेस्टिक एंड ग्राउंडवाटर क्वॉलिटी एसेसमेंट इन पार्ट्स ऑफ़ पम्बर रिवर बेसिन, तमिलनाडु, इंडिया''*, इंटरनेशनल जर्नल ऑफ़ इन्नोवेटिव टेक्नोलॉजी एंड एक्सप्लोरिंग इंजीनियरिंग, वॉल्यूम 3(1): 2278–3075.

[6] 2002, *''नेशनल वॉटर पालिसी''*, गवरमेंट ऑफ़ इंडिया, मिनिस्ट्री ऑफ़ वॉटर रिसोर्सेस, न्यू डेल्ही, इंडिया।

[7] 2011, *''हजार्डज़ मेटल्स एंड मिनरल्स पोलुशन इन इंडिया: सोर्सेज, टॉक्सिसिटी एंड मैनेजमेंट''*, अ पोजीशन पेपर, इंडियन नेशनल साइंस अकादमी बहादुरशाह ज़फ़र मार्ग,न्यू डेल्ही, इंडिया.

[8] ई. एंड एफ. स्पॉन, 1997, *''वॉटर पोलुशन कंट्रोल–अ गाइड टू द यूज़ ऑफ़ वॉटर क्वालिटी मैनेजमेंट प्रिंसिपल्स''* यूनाइटेड नेशन्स एनवायर्नमेंट प्रोग्राम, द वॉटर सप्लाई एंड सैनिटेशन कोलेबोरेटिव कॉउंसिल एंड द वर्ल्ड हेल्थ आर्गेनाइजेशन, आईएसबीएन–0 419 22910 8.

[9] अ. एच. महवी, जे नूरी, अ. अ. बाबई, आर. नबीज़ादेह, 2005, *''एग्रीकल्चर एक्टिविटीज़ इम्पैक्ट ऑन ग्राउंड वॉटर नाइट्रेट पोलुशन''*, इंटरनेशनल जर्नल ऑफ़ एनवायरनमेंट साइंस एंड टेक्नोलॉजी, वॉल्यूम 2(1): 41–47.

[10] अंजली बघेल, तिलोत्मा शर्मा, 2013, *''सर्वे ऑन फजी एक्सपर्ट सिस्टम''*, इंटरनेशनल जर्नल ऑफ़ इमर्जिंग टेक्नोलॉजी एंड एडवांस्ड इंजीनियरिंग, वॉल्यूम 3(12): 230–233.

[11] एस. एन. शिवनंदम, एस. सुमाथि, एस. एन. दीपा, 2007, *''इंट्रोडक्शन टु फजी लॉजिक यूसिंग मेटलैब''*, स्प्रिंगर–वेरलग बर्लिन हैडेलबेर्ग, आईएसबीएन–10 3–540–35780–7.

[12] कॉर्नेलिउस टी. लेओन्डेस, 1998, *''फजी लॉजिक एंड एक्सपर्ट सिस्टम्स ॲप्लिकेशन्स''*, एकैडमिक प्रेस सैन डिएगो, कैलिफ़ोर्निया, आईएसबीएन: 0–12–443866–0.

[13] तजुन्ग पी हॉन्ग, चाइ–यिंग लीब, 1996, *''इंट्रोडक्शन ऑफ़ फजी रूल्स एंड मेम्बरशिप फंक्शन्स फ्रॉम ट्रेनिंग एग्ज़ॅम्प्लस''*, फजी सेट्स एंड सिस्टम्स, वॉल्यूम 84: 33–47.

[14] वीटो एफ. यूरिक्सीओ, रफाएल गियोर्दनो, नीकोला लोपेज़, 2004, *''अ फजी नॉलेज–बेस्ड डिसिशन सपोर्ट सिस्टम फॉर ग्राउंडवॉटर पोलुशन रिस्क इवैल्यूएशन''*, जर्नल ऑफ़ एनवायर्नमेंटल मैनेजमेंट, वॉल्यूम 73: 189-197.

[15] के ड्रैगन, जे गोरस्कि, 2014, *''आइडेंटिफिकेशन ऑफ़ ग्राउंड वॉटर केमिस्ट्री ओरिजिन्स इन अ रीजनल अक्विफेर सिस्टम (वीएल्कोपोलस्का रीजन पोलैंड)*, एन्वॉयरन्मेंटल अर्थ साइंसेज वॉल्यूम 73: 2153-2167.

[16] यिंग ओयांग, जिया एन जहांग, लिहुअ क्यूई, 2014, *''एस्टिमेटिंग इम्पैक्टस ऑफ़ लैंड यूज़ ऑन ग्राउंडवॉटर क्वालिटी यूसिंग ट्रिलिनेअर एनालिसिस''*, एन्वॉयरन्मेंटल मॉनिटरिंग एंड असेसमेंट, वॉल्यूम 186: 5353-5362.

[17] अरविन्दन एस. शंकर के., 2011, *''ग्राउंडवॉटर क्वालिटी मैप्स ऑफ़ परावनर रिवर सब बेसिन, कुड्डालोर डिस्ट्रिक, तमिलनाडु, इंडिया'*, जर्नल ऑफ़ द इंडियन सोसाइटी ऑफ़ रिमोट सेंसिंग, वॉल्यूम 39(4): 565-581.

[18] एन. सुब्बा राऊ, 2014, *''स्पेशियल कंट्रोल ऑफ़ ग्राउंडवॉटर कंटामीनेशन यूसिंग प्रिंसिपल कॉम्पोनेन्ट एनालिसिस''*, जर्नल ऑफ़ अर्थ सिस्टम साइंस, वॉल्यूम 123(4): 715-728.

[19] ई. कैमरॉन, जी.एफ. पेलोसो, 2001, *''एन एप्लीकेशन ऑफ़ फजी लॉजिक टू द असेसमेंट ऑफ़ एक्विफर्स पोलुशन पोटेंशियल''*, एनवॉयरनमेंट जियोलॉजी, वॉल्यूम 40: 1305–1315.

[20] जे. गनौलिस, पी. अनागनोस्टोपोलोस, एच. म्पिम्पस, 2003, *''फजी न्यूमेरिकल सिमुलेशन ऑफ़ वॉटर क्वॉलिटी''*, इन: प्रोसीडिंग, 30th ऑयअएचआर कांग्रेस, थीम बी, अगस्त 2003, थिस्सलोनिकी, ग्रीस, ऑयअएचआर, स्पेन: 165-174.

[21] अयसे मुहम्मेटोग्लू, अहमत यारडीमंकी, 2006, *''अ फजी लॉजिक एप्रोच टू असेस ग्राउंडवॉटर पोलुशन लेवल्स बिलो एग्रीकल्चरल फील्ड्स''*, एन्वॉयरन्मेंटल मॉनिटरिंग एंड असेसमेंट, वॉल्यूम 118: 337-354.

[22] सुधीर दहिया, भूपिंदर सिंह, शालिनी गौड़, वी. के. गर्ग, एच. एस. कुशवाहा, 2007, *''एनालिसिस ऑफ़ ग्राउंडवॉटर क्वॉलिटी यूसिंग फजी सिंथेटिक इवैल्यूएशन''*, जर्नल ऑफ़ हज़ार्डस मैटेरियल्स, वॉल्यूम 147: 938-946.

[23] शाह ज़हान, बसीम एफ. अल बस्सम, धिए अ.जे. अलमंसूरी, 2009, *''एनालिसिस ऑफ़ ग्राउंडवॉटर क्वॉलिटी यूसिंग फजी सिंथेटिक इवैल्यूएशन''*, दियाला जर्नल ऑफ़ इंजीनियरिंग साइंसेज, वॉल्यूम 02(02): 105–112.

[24] नटराजन वेंकट कुमार, सेमसन मैथयू, गणपतिराम स्वामीनाथन, 2010, *''अ हाइब्रिड एप्रोच टुवर्ड द असेसमेंट ऑफ़ ग्राउंडवॉटर क्वॉलिटी फॉर पोटेबिलिटी: अ फजी लॉजिक एंड जीआईएस बेस्ड केस स्टडी ऑफ़ तिरुचिराप्पली सिटी, इंडिया''*, जर्नल ऑफ़ जियोग्राफिक इनफार्मेशन सिस्टम, वॉल्यूम 2: 152–162.

[25] सईद फरहद मौसवी, मोहम्मद जावेद अमीरी, 2012, *"मॉडलिंग नाइट्रेट कंसंट्रेशन ऑफ़ ग्राउंडवॉटर यूसिंग अडाप्टिव न्यूरल–बेस्ड फजी इनफरेंस सिस्टम"*, सॉइल एंड वॉटर रिसर्च, वॉल्यूम 7(2): 73-83.

[26] अ. साबेरी नसर, एम. रेज़ाए, एम. दष्टि बर्मकी, 2012, *"एनालिसिस ऑफ़ ग्राउंडवॉटर यूसिंग ममदामी फजी इनफरेंस सिस्टम (एमएफआईएस) इन यज़्द प्रोविंस, ईरान"*, इंटरनेशनल जर्नल ऑफ़ कंप्यूटर एप्लीकेशन्स, वॉल्यूम 59(7): 45–53.

[27] ओ टी एन सिलिलो, आए सी सायमन, 2001, *"ग्राउंडवॉटर वल्नेरेबिलिटी टू पोलुशन इन अर्बन कैचमेंट्स"*, रिपोर्ट टू द वॉटर रिसर्च कमीशन, डिपार्टमेंट ऑफ़ जिओलॉजी, यूनिवर्सिटी ऑफ़ केप टाउन, डब्लूआरसी प्रोजेक्ट न. 1008/1/01, आईएसबीएनः 1 86845 783 4.

बदलता परिवेश और जल संसाधनों के प्रबंधन में उपयोगी जन भागीदारी

संतराम यादव

केंद्रीय बारानी कृषि अनुसंधान संस्थान, संतोष नगर, हैदराबाद–500059 (तेलंगाना राज्य)
ई–मेलः sryadav1220@gmail.com, sryadav@crida.in

सारांश

मानव एक सामाजिक प्राणी है। इस जगत में जल, थल, एवां वायु में विचरण करने वाले सभी प्राणियों हेतु जल ही जीवन है। इस लेख का उद्देश्य यह है कि हमारे लिए वर्तमान बदलते परिवेश में जल की एक एक बूँद महत्वपूर्ण है। हमें समय रहते उसके उचित प्रबंधन की व्यवस्था कर लेनी चाहिए अन्यथा यह समस्या संपूर्ण जगत में विकराल रूप धारण कर सकती है । प्रकृति ने हमें इस धरातल पर स्वछंद विचरण की जो स्वीकृति प्रदान की है, हमें उसका गलत फ़ायदा नहीं उठाना चाहिए अपितु एहसानमंद होकर उसे नमन करना चाहिए। भविष्य में यदि किसी भी मानव, जलचर, नभचर या अन्य जीव को अपना अस्तित्व बनाए रखना है तो उसे जल के महत्व को समझते हुए उसके उचित प्रबंधन का प्रयत्न करते हुए उपलब्ध जल स्रोतों को बचाए रखना होगा। बदलता परिवेश हमें इस पुनीत कार्य हेतु नित्य बाध्य कर रहा है क्योंकि हो सकता है कि इस दुनिया में अगला विश्व युद्ध जल के लिए ही हो जाए। देश के विभिन्न भागों में हम निरंतर यह ख़बर पढ़ते–सुनते रहते हैं कि अमूक स्थान पर पानी को एकत्र करते समय दो धड़ों में घमासान लड़ाई हुई जिसमें इतने लोगों की जान चली गई। अतः दिन प्रतिदिन विकराल रूप धारण करती जा रही इस समस्या के निदान के लिए हमें जल प्रबंधन में जनता की भागीदारी को सुनिश्चित करना ही होगा। जनता जनार्दन होती है। यदि उसकी समझ में एक बार यह बात आ जाए कि प्रकृति ने हमें जो हवाऐं पानी व अन्य चीज़ें मुफ्त में उपलब्ध कराई हैं तो वह इनके संचयन के नवीन तरीकों पर ग़ौर करते हुए कुछ उपयोगी सुझावों को अपनाने में देर नहीं लगाएगी। ***प्लेटो*** के शब्दों में 'कोई भी किसी को आसानी से नुकसान पहुंचा सकता है, लेकिन हर व्यक्ति दूसरों के साथ अच्छा नहीं कर सकता है।' ***क्लाडियस टॉलमी*** के मतानुसार ''भूगोल पृथ्वी की झलक को स्वर्ग में देखने वाला आभामय विज्ञान हैं।'' ***स्ट्रैबो*** के विचारानुसार '' भूगोल एक ऐसा स्वतंत्र विषय है, जिसका उद्देश्य लोगों को इस विश्व का आकाशीय पिण्डों का स्थल महासागर जीव जंतुओं वनस्पतियों फलों तथा भू धरातल के क्षेत्रों मे देखी जाने वाली प्रत्येक अन्य वस्तु का ज्ञान प्राप्त कराना है।'' प्रकृति द्वारा उपलब्ध जल की तीन अवस्थाएं हैं – आसमान से प्राप्त जल समुद्री जल तथा भू–स्तह से निकाला गया जल। 'बिन पानी जग सूना' यथार्थ में सटीक बैठता है। जल हमारी कृषि, औद्योगिक प्रतिष्ठान, घरेलू आवश्यकताएं, मनोरंजन के साधनों एवं पर्यावरण हेतु परमावश्यक है। प्रकृति द्वारा प्रदत्त इस धरोहर को हमें संजोकर रखना ही होगा। अन्यथा इसके भयंकर परिणाम हमारे सामने उभरकर आते देर नहीं लगेगी। पानी के बिना हमारा जीवन नीरस हो जाएगा। इसके उचित प्रबंधन के तौर–तरीकों को अपनाकर ही हम अपनी धरोहर को संभालेंगे तो ही हमारी अगली पीढ़ी यहां सजीव रह पाएगी अन्यथा यह जीवन नीरस हो जाएगा। नभ,जल, थल व अन्यत्र जीवन यापन का मार्ग सभी जीवों व प्राणियों के लिए निर्रथक सिद्ध हो जाएग। जहाँ एक ओर वर्षा जल में निरंतर कमी आ रही है वहीं दूसरी ओर नदी व नालों का पानी भी कम होता जा रहा है। गुजरात सरकार ने इस बात को बहुत पहले ही भाँप लिया था और सौराष्ट्र जैसे सूखे क्षेत्रों में जल प्रबंधन के उचित तरीकों को अपनाकर इस समस्या से काफी हद तक निदान पा लिया है। फिर भी यह देश व दुनिया के सभी क्षेत्रों में वहाँ की परिस्थितिनुसार फेरबदल कर अपनाया जा सकता है और उन्नत तकनीकों का लाभ उठाकर ही जल की एक एक बूंद का संचय किया जा सकता है। सबका साथ सबका विकास सदैव अपेक्षित रहता है। इसलिए बदलती परिस्थितियों में हमें जल संरक्षण प्रबंधन में जनता को हर स्तर पर भागीदार बनाना होगा। जनता जनार्दन को हर स्तर पर उसके हित में उसकी जिम्मेदारियों का अहसास कराते रहना होगा। जिस दिन जनता को यह समझ आ जाएगा कि यह कार्य उसके हित में है तो फिर वह इसे स्वेच्छा से अपनाएगी। वर्षा जल संचयन हेतु भवन की छत से एक पाइप लगाकर उसे नीचे भूमि में किसी गड़ढे या कूएं में जोड़ दिया जाता है। इस तकनीक द्वारा वर्षा का जल भूमि के अंदर पहुँचा दिया जाता है। इस प्रक्रिया के माध्यम से भूमिगत जलस्तर को बढ़ाया जा सकता है। भविष्य में वह दिन दूर नहीं होगा जब विश्व के अनेक देश भारत का उदाहरण देते हुए इसकी उन्नत प्रौद्योगिकियों को अपनाकर लाभ उठाएंगे। इससे जहाँ एक ओर हमारा 'मेक इन इंडिया' का सपना साकार होगा वहीं दूसरी ओर विश्व में भारत की एक निर्मल छवि भी बन सकती है ।