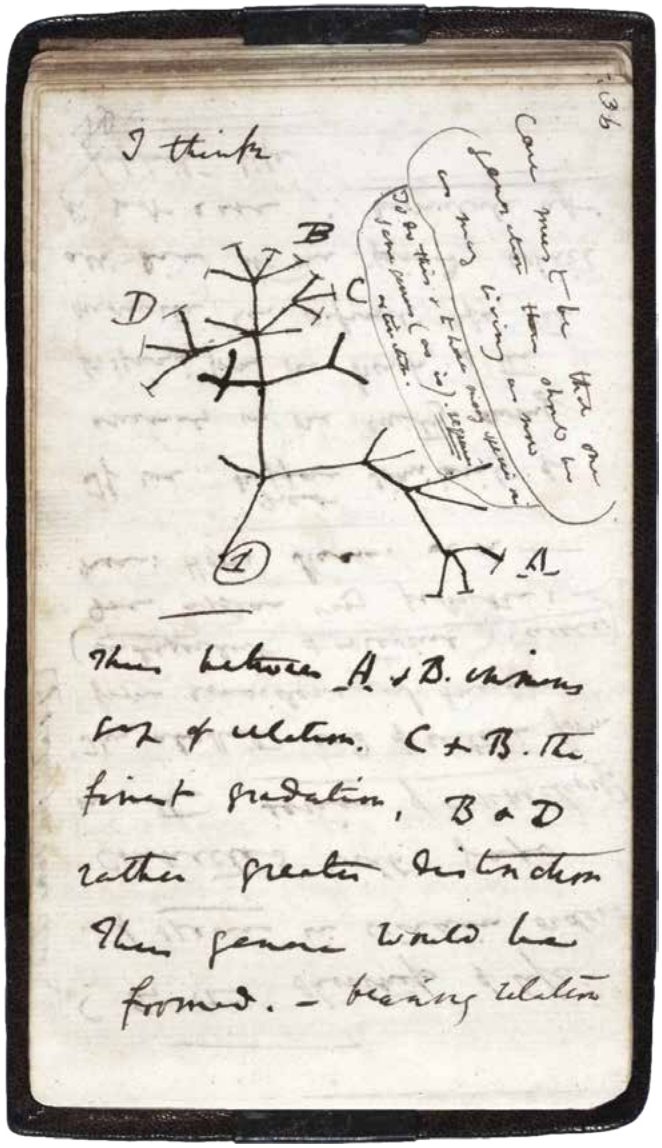
जीवन वृक्ष : उद्विकास के हृदय में एक सशक्त गणितीय विचार

मुकुन्द थत्ताई



सभी जीवित चीज़ें – सूक्ष्म जीवाणुओं से लेकर, मनुष्यों से लेकर, विशालकाय सिकोइया वृक्ष तक – एक-दूसरे से सम्बन्धित हैं और यह परस्पर सम्बन्ध एक गूढ़ और अप्रत्याशित गणितीय पैटर्न का अनुसरण करता है, जिसे आज हम 'जीवन वृक्ष' के रूप में जानते हैं। यह पैटर्न सदियों पहले प्रकृतिवादियों द्वारा खोजा गया था, लेकिन चार्ल्स डार्विन और अल्फ्रेड रसेल वालेस थे जिन्होंने महसूस किया कि यह पैटर्न पृथ्वी पर जीवन की उत्पत्ति और विविधता को समझने की कुंजी है।

हम मनुष्यों में, कई अन्य जानवरों की तरह, अपने आस-पास की दुनिया में पैटर्न खोजने की एक सहज प्रवृत्ति है। इस प्रवृत्ति पर हमारा अस्तित्व निर्भर करता है – यह हमें शत्रुओं और मित्रों के बीच भेद करने, ऋतुओं की लय पर नज़र रखने, पिछले अनुभवों के आधार पर आगे की योजना बनाने की गुंजाइश देता है। विज्ञान (या प्राकृतिक दर्शन, जैसा कि इसे पहले कहा जाता था) इसी प्रवृत्ति पर आधारित है – यह दृश्य ब्रह्माण्ड की अथाह विविधता को विश्वसनीय पैटर्न्स में समेटने का प्रयास है, जिसकी व्याख्या हम प्रकृति के नियमों के रूप में करते हैं। विडम्बना यह है कि पैटर्न खोजने में हमारा यह शक्तिशाली कौशल अकसर वैज्ञानिक आदर्श से बेमेल हो जाता है – हम वहाँ पैटर्न देखते हैं जहाँ कोई पैटर्न है ही नहीं; हम बेतरतीबी में संरचना देख लेते हैं।

विज्ञान का इतिहास इसी बात का इतिहास है कि कैसे हमने सच्चे पैटर्न्स को महज भ्रान्तियों से अलग करना सीखा।

बॉक्स-1 : अवलोकन, पैटर्न और व्याख्याएँ

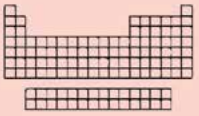
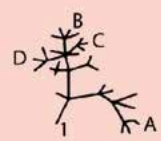
अधिकांश सफल वैज्ञानिक सिद्धान्त तीन चरणों में विकसित हुए हैं। सबसे पहले आते हैं **अवलोकन** : दुनिया के बारे में तथ्यों की एक विशाल सूची जैसा हम उसे देखते हैं; या प्रयोगों द्वारा विचलित दुनिया के बारे में। ये अवलोकन अकसर भ्रामक और अस्त-व्यस्त होते हैं। यह स्पष्ट नहीं होता है कि वे एक-दूसरे से कैसे सम्बन्धित हैं; और यह अनुमान लगाना कठिन होता है कि ये अगला अवलोकन किस ओर इशारा करेगा। यह एक कैनवास पर काम करने वाले कलाकार को देखने जैसा है, वह कैनवास के किसी हिस्से को भर देता है अन्य हिस्सा कहीं और भरता है। रंग और आकार का सिर-पैर समझ नहीं आता और हम यह अनुमान नहीं लगा सकते कि पेंटिंग किस बारे में है। लेकिन जैसे-जैसे समय के साथ पर्याप्त अवलोकन एकत्रित होते जाते हैं, एक व्यापक **पैटर्न** स्पष्ट होने लगता है। अकसर एक इकलौता पल आता है जिसमें कैनवास पर अचानक से कुछ दिखने लगता है और हमें समझ में आता है कि हम क्या देख रहे हैं। विज्ञान में, इस समझ को अकसर गणितीय रूप में व्यक्त किया जा सकता है – नियमों और समीकरणों का एक सरल समूह जो अवलोकनों के इस व्यापक ढाँचे का सार प्रस्तुत करता है। तो यह एक निर्णायक मोड़ होता है। और अन्तिम चरण होता है जो कुछ हम देख रहे हैं उसकी व्याख्या करना। यह वह क़दम है जहाँ दर्शक पेंटिंग के अर्थ को समझ लेता है, जिस विचार को कलाकार व्यक्त करने की कोशिश कर रहा है। एक वैज्ञानिक के लिए, यह महज गणितीय सारांश से कहीं ज़्यादा है और इसमें पैटर्न के गूढ़ कारणों की तलाश शामिल है। विज्ञान की सबसे बड़ी विजय प्रकृति के मुट्ठी भर अटल नियमों के रूप में इन गूढ़ कारणों को उजागर करने में हुई है और यह बताने में कि यह सब कुछ किसी अदृश्य अलौकिक कलाकार की मनमौज़ी करतूत नहीं हैं। यही वह चीज़ है जो विज्ञान को केवल विवरण देने की बजाय पूर्वानुमान की ताक़त देती है।

कुछ उदाहरण (**तालिका-1**) से इस प्रक्रिया को और स्पष्ट करेंगे। सोलहवीं सदी के दौरान, एक कुलीन व्यक्ति टाइको ब्राहे ने अभूतपूर्व सटीकता के साथ, आसमान में ग्रहों की गतियों को दर्ज किया। ब्राहे के डेटा का उपयोग करके, युवा गणितज्ञ और खगोलविद जोहान्स केपलर ने ग्रहों की गति के अपने प्रसिद्ध दीर्घवृत्तीय पैटर्न की खोज की। आख़िरकार आइज़ैक न्यूटन की प्रतिभा ने केपलर के नियमों का अर्थ समझकर इसे याँत्रिकी (मैकेनिक्स) के एक गहन और अधिक सार्वभौमिक सिद्धान्त के तहत व्याख्या की जिसे उन्होंने 1687 में अपनी पुस्तक प्रिंसिपिया मैथेमेटिका में प्रकाशित किया था। इस न्यूटोनियन याँत्रिकी ने आधुनिक वैज्ञानिक युग के शुरुआत का मार्ग प्रशस्त किया।

इसी तरह, 1789 में, एंतोन लैवॉज़िए ने रासायनिक क्रियाओं के अपने अध्ययन के आधार पर 33 रासायनिक तत्वों की पहचान की, लेकिन उनके गुणधर्मों का एक सरल विवरण खोजने में असमर्थ रहे। 1869 में, दिमित्री मेंडेलीव ने दिखाया कि किसी तत्व के रासायनिक गुण आवधिक तरीक़े से उसके परमाणु भार पर निर्भर करते हैं। लेकिन यह पैटर्न सही नहीं था। इस पैटर्न का ठीक-ठीक अर्थ केवल सन 1900 में उप-परमाणु (अपरमाणविक) कणों की खोज के साथ स्पष्ट हुआ – यह प्रोटॉन और इलेक्ट्रॉनों की संख्या थी, न कि न्यूट्रॉन की, जिससे परमाणु के रासायनिक गुणों को निर्धारित किया जाता था।

बीसवीं शताब्दी में कई वैज्ञानिक क्रान्तियाँ देखी गईं जिन्होंने सदियों पुराने सिद्धान्तों को उखाड़ फेंका। मैक्सवेल समीकरणों में गणितीय पैटर्न ने आइंस्टीन द्वारा विशेष सापेक्षता की खोज का मार्ग प्रशस्त किया। इस गणितीय पैटर्न में विद्युत और चुम्बकत्व के बारे में लगभग एक सदी के अवलोकनों का सार प्रस्तुत किया। हाइड्रोजन के वर्णक्रम का वर्णन करने वाला, राइडबर्ग का गणितीय पैटर्न ही था जिसने ब्रह्माण्ड की एक क्वाण्टम-याँत्रिकी व्याख्या का धरातल तैयार किया था। 20 वीं शताब्दी के दौरान, सापेक्षता और क्वाण्टम याँत्रिकी का सम्मिश्रण किया गया जिसमें से पदार्थ की प्रकृति के बारे में सबसे सटीक सिद्धान्त (स्टेंडर्ड मॉडल) उभरा। यह मॉडल भी प्रकृति के गूढ़ गणितीय पैटर्न पर आधारित है, जिसे सममिति (सिमेट्री) के नाम से जाना जाता है।

इन सभी मामलों में मुख्य बिन्दु यह है – एक बार गणितीय पैटर्न के रूप में डेटा का सार उपलब्ध होने के बाद, वैज्ञानिक अवलोकन सम्बन्धी बारीकियों से आगे जाकर एक गहरी और अकसर सरल व्याख्या की खोज शुरू कर सकते हैं।

अवलोकन	गणितीय पैटर्न	व्याख्या
ग्रहों की गति	केपलर का नियम $T^2 = R^3$	न्यूटन याँत्रिकी
तत्वों के रासायनिक गुण	आवर्त सारणी 	परमाणु सिद्धान्त
विद्युत और चुम्बकत्व	मैक्सवेल समीकरण $\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$ $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$ $\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$ $\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$	विशेष सापेक्षता
हाइड्रोजन का वर्णक्रम	राइडबर्ग का नियम $\frac{1}{\lambda_{vac}} = R\left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2}\right)$	क्वांटम याँत्रिकी
सजीवों का वर्गीकरण	जीवन वृक्ष 	उद्विकास

तालिका-1. वैज्ञानिक सिद्धान्तों के विकास को तीन चरणों में विभाजित किया जा सकता है : अवलोकन, पैटर्न और स्पष्टीकरण।

Credits: Mukund Thattai. License: CC-BY-NC.

चित्र-1 : द ग्रेट चेन ऑफ़ बीइंग (अस्तित्व की महान शृंखला)।
Credits: Charles Bonnet, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BonnetChain.jpg. License: CC-BY.

सजीवों का वर्गीकरण

पृथ्वी पर जीवन की विविधता को वर्गीकृत करने के कई प्रयास किए गए हैं। शुरुआती और सबसे आम तरीक़ों में से एक, अंशतः धार्मिक (क्वासी-रिलिजियस) आधार पर बनाया गया था और ग्रेट चेन ऑफ़ बीइंग के रूप में जाना जाता है (**सन्दर्भ चित्र-1 देखें**)। इसे आमतौर पर ईसाई विद्वानों से जोड़ा जाता है, इसी तरह के प्रयास हिन्दू पुराणों और प्राचीन यूनानी और मिस्र के दर्शन में भी देखे जाते हैं। ग्रेट चेन के सभी संस्करणों में सजीवों को एक दृढ़ सीढ़ी पर रखा गया है – सबसे निचले पायदान पर खनिज और ग़ैर-जीवित पदार्थ होते हैं; इसके अगले पायदान पर जीवन के सबसे सरल रूप हैं, उदाहरण के लिए, रोगाणु (आधुनिक काल में जोड़ा गया); फिर पौधे; फिर जानवर; फिर, इन सबसे ऊपर, मनुष्य; और कभी-कभी, मनुष्यों के ऊपर देवदूत और देवता होते हैं। यह एक लुभावना पैटर्न है और ख़ुद को शीर्ष पर रखने की हमारी स्वाभाविक इच्छा के साथ फ़िट बैठता है। दुर्भाग्य से, यह ग़लत है। यह गहन अवलोकनों पर आधारित नहीं है, बल्कि ब्रह्माण्ड को हमारी अपनी धारणाओं के साथ फ़िट बिठाने की हमारी इच्छा से पैदा हुआ है।

सटीक निरपेक्ष अवलोकनों पर आधारित वर्गीकरण का वैज्ञानिक तरीक़ा वर्गिकी (वर्गीकरण विज्ञान या टैक्सॉनॉमी) नाम से जाना जाता है। हम सबसे पहले हर ज्ञात सजीव के गुणधर्मों के बारे में विस्तृत जानकारी एकत्र करते हैं। फिर हम इन जीवों को उनके गुणधर्मों के आधार पर अलग-अलग समूहों में बाँटने के मुश्किल काम से शुरू करते हैं। लेकिन, जब हम ऐसा करना शुरू करते हैं, तुरन्त एक उलझन में फँस जाते हैं : चूँकि विभिन्न विद्वान अलग-अलग मापदण्डों का उपयोग करते हैं; समूह बनाने के लिए अलग-अलग लक्षणों का उपयोग करते हैं। कुछ जटिलता को चुनते हैं, कुछ आकार को चुनते हैं, कुछ जीवन-शैली को चुनते हैं; और कुछ आवास को चुनते हैं। इनमें से कौन-सा सही है, यह तथ्य की बजाय विश्वास या पसन्द का विषय प्रतीत होता है; और प्रत्येक पसन्द एक अलग वर्गीकरण प्रदान करती है।

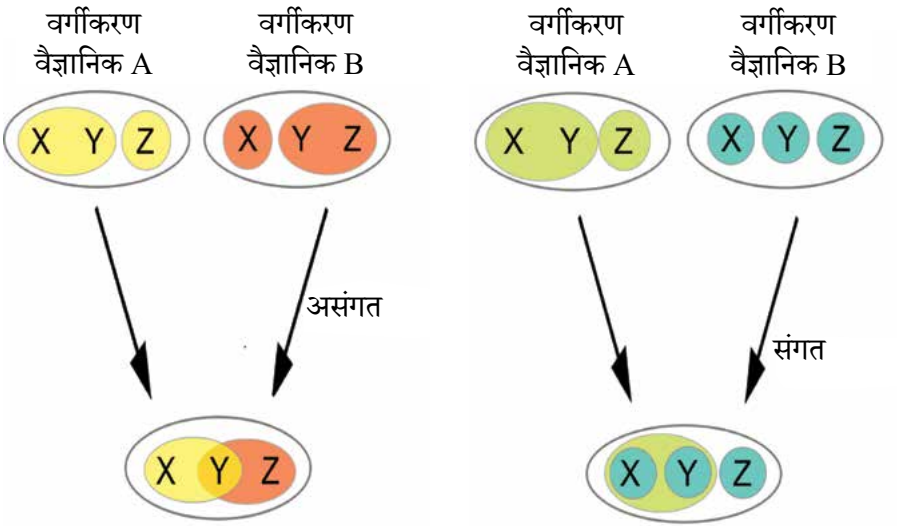
सत्रहवीं शताब्दी में यूरोप में वर्गीकरण के ये खेल उत्तेजना की चरम सीमा पर पहुँच गए थे। यह वह समय था जब यूरोपीय सत्ता दुनिया भर में पहुँच गई थी। विदेशी जानवरों और पौधों के संग्रह को उनके साम्राज्य के दूर-दराज़ कोनों से नागरिकों के मनोरंजन के लिए उनकी राजधानियों में लाया गया (**सन्दर्भ चित्र-2**)। मेरी कल्पना में एक शानदार हॉल है, जिसमें पूरे फ़र्श पर, हर तरह के जानवरों के नमूने, भूसा भरकर जड़े हुए हैं। शौकिया वर्गीकरण वैज्ञानिक हॉल में घूम रहे हैं, इन नमूनों को इधर-उधर कर रहे हैं और आमतौर पर अपने समूहीकरण को दूसरों से बेहतर दिखाने की कोशिश कर रहे हैं। तो यह खेल कैसे चलेगा? एक व्यक्ति रंग के आधार पर समूहीकरण करेगा, परन्तु अगले ही दिन परेशान हो जाएगा जब कोई और आकार के आधार पर समूहीकरण कर देगा। हर कोई एक-दूसरे से भिड़ता रहेगा। फिर, कुछ उल्लेखनीय होता है। हमारे कुछ वर्गीकरण वैज्ञानिक (टैक्सोनोमिस्ट), सिर्फ़ मज़े के लिए, वर्गीकरण के आधार के रूप में, बढ़ते क्रम में अल्पदृश्य लक्षणों का उपयोग करना शुरू कर देते हैं। आकार या रंग की बजाय, ये वैज्ञानिक, कान में हड्डियों की संख्या, कूल्हों में सुराख़ों की व्यवस्था, पैर की उँगलियों पर माँसपेशियों की परतें देखने लगते हैं। बेशक, इनमें से कुछ लोग अभी भी एक-दूसरे से असहमत रहेंगे और हताश होकर हॉल छोड़ देंगे। लेकिन धीरे-धीरे, एक बड़ा समूह हॉल में बन जाता है और सभी लोग चुपचाप अपने-अपने हिसाब से काम करने लगते हैं जबकि व्यापक वर्गीकरण बड़े पैमाने पर अपरिवर्तित रहता है।

हो क्या रहा है? कैसे पूरी तरह से स्वतंत्र मापदण्डों का उपयोग करने वाले अलग-अलग लोग, अचानक सहमत होने लगते हैं? यह वह मौक़ा है जहाँ हम पहली बार एक गूढ़ गणितीय पैटर्न देखते हैं। आइए हॉल के किन्हीं भी तीन जानवरों X, Y और Z; और वर्गीकरण के

चित्र-2 : विदेशी जानवरों का एक यूरोपीय चिड़ियाघर (मेनेजेरी)।

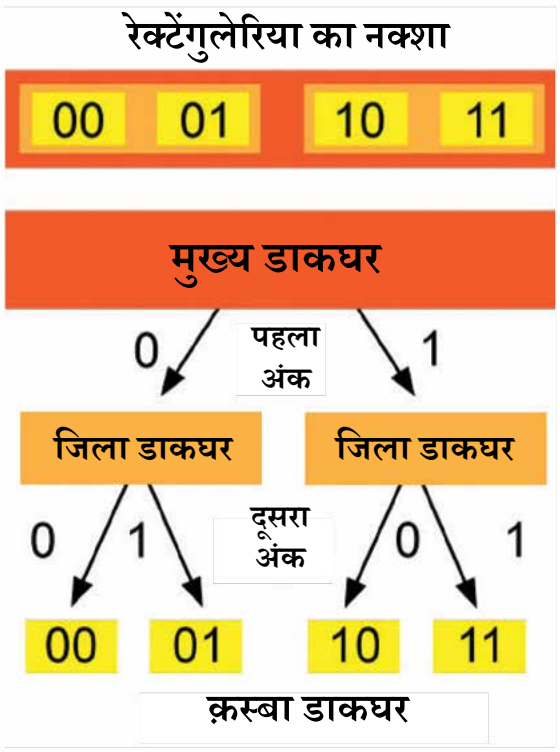
Credits: Annelore Rieke-Müller, Lothar Dittrich: Unterwegs mit wilden Tieren. Wandermenagerien zwischen Belehrung und Kommerz 1850–1750 S. 70. Uploaded by Felistoria, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Menagerie.hermann.van.aken.1833.jpg. License: Public Domain.

लिए अलग-अलग लक्षणों का उपयोग करने वाले दो वर्गीकरण वैज्ञानिक A और B पर विचार करते हैं। हम A से पूछते हैं और पाते हैं कि वह मानती है कि {X, Y} एक समूह बनाते हैं और {Z} दूसरा, जिसे हम {(X, Y), Z} के रूप में लिखते हैं। मान लीजिए कि B का मानना है कि {Y, Z} एक समूह और {X} दूसरा बनाते हैं, जिसे हम {(X), (Y, Z)} के रूप में लिखते हैं। इस तरह से तो, A और B कभी भी सहमत नहीं हो पाएँगे। मान लीजिए, इसकी बजाय, B का मानना है कि {X}, {Y} और {Z} तीन अलग-अलग समूहों का प्रतिनिधित्व करते हैं, जिसे हम {(X), (Y), (Z)} के रूप में लिखते हैं। तब A कहेगी कि इसमें कोई समस्या नहीं है, B



चित्र-3 : वर्गीकरण का खेल।

Credits: Mukund Thattai. License: CC-BY-NC.



चित्र-4 : रेक्टेंगुलेरिया का नेस्टेड पोस्टल सिस्टम।
Credits: Mukund Thattai. License: CC-BY-NC.

ने सिर्फ़ इतना किया है कि उसके वर्गीकरण को और अधिक विभाजित कर दिया है। उदाहरण के लिए, A ने जानवरों को कीट {X, Y} और पक्षी {Z} के रूप में सोच रखा था, जबकि B उनके बारे में गुबरैला {X}, मक्खियाँ {Y} और पक्षी {Z} के हिसाब से सोच रहा है। इस प्रकार, हम इन समूहों को एक *नेस्टेड सूची* {(X), (Y), (Z)} के रूप में लिख सकते हैं और इससे A और B दोनों सन्तुष्ट होंगे। सरल शब्दों में, इन दो वर्गीकरणों A और B को संगत (कंसिस्टेंट) कहा जाता है जब, तीन वस्तुओं X, Y और Z के किसी भी चयन के लिए, उनमें असहमति नहीं हो। हमारे खेल में हुआ यह (**चित्र-3 देखें**) कि हज़ारों वर्गीकरण वैज्ञानिकों ने अपने पसन्दीदा समूहों को एक-दूसरे के संगत पाया और समय के साथ पूरे हॉल को नेस्टेड समूहों और उप-समूहों की एक शृंखला में विभाजित कर दिया।

अब पहेली का अन्तिम हिस्सा आता है। यह हमारे काल्पनिक खेल की तरह ही एक प्रक्रिया है जो अठारहवीं शताब्दी के दौरान चली थी। आपाधापी थोड़ी कम हुई, तो यह समझ आया कि वर्गीकरण की समस्या का यह एक अनूठा समाधान था। यह हज़ारों-हज़ार लक्षणों का एक विशाल समूह था (ज़्यादातर बहुत अल्पदृश्य हैं) जिनमें से प्रत्येक एक-दूसरे के साथ संगत था; और वे लक्षण (उदाहरण के लिए, आकार और रंग) जो असंगत थे, अनदेखा किए जाने लगे थे। यह एक तथ्य है न कि विश्वास या पसन्द का मुद्दा। इस तथ्य की निर्णायक अभिव्यक्ति कार्ल लिनिअस की 1735 में प्रकाशित किताब, *सिस्टेमा नेचुरे* में हुई है। तब से, वर्गीकरण की लिनियन व्यवस्था ही एकमात्र सही और स्वीकृत जैविक वर्गीकरण प्रणाली बन गई। जब भी किसी नई प्रजाति की खोज की जाती, तो आमतौर पर शुरुआत में असहमति रहती थी कि इसे कहाँ रखा जाए लेकिन, अन्ततः, कई लक्षणों पर आधारित साक्ष्य के आधार पर इसकी सही स्थिति का पता लगा लिया जाता है।

डार्विन और वालेस की सूझ-बूझ : नेस्टेड समूह भी वृक्ष हैं

1831 में जब चार्ल्स डार्विन एचएमएस बीगल की अपनी यात्रा पर निकले, तब तक सभी जीवित प्राणियों का वर्गीकरण नेस्टेड समूहों में करना, अच्छे से स्थापित हो चुका था। चार्ल्स के दादा इरेस्मस डार्विन सहित कई प्रकृतिविदों ने पहले ही महसूस कर लिया था कि यह गणितीय पैटर्न कितना आश्चर्यजनक था। इसे समझने के लिए, थोड़ा रुककर कुछ अन्य प्रकार की वस्तुओं को वर्गीकृत करने की कोशिश करते हैं। फर्नीचर को आकार, आकृति, पदार्थ, रंग और उपयोगिता के आधार पर वर्गीकृत किया जा सकता है; लेकिन आपको विभिन्न समूहीकरणों के बीच कोई समानता नहीं मिलेगी। शब्दों को संज्ञा, क्रिया, विशेषण और इसी तरह से वर्गीकृत किया जा सकता है, लेकिन यह प्रणाली नेस्टेड नहीं है; यह एक ही स्तर पर चल रही है। ध्वनियों को तारत्व (मोटी-पतली) और तीव्रता (धीमे-तेज़) के आधार पर वर्गीकृत किया जा सकता है और अधिक आधुनिक अर्थों में वर्णक्रमीय घटकों द्वारा, लेकिन यह एक योगशील प्रणाली है नेस्टेड व्यवस्था नहीं है।

हम इस समस्या को उलटकर देख सकते हैं और पूछ सकते हैं कि आमतौर पर किस तरह की चीज़ें नेस्टेड समूहों में पाई जाती हैं। हमारे पास एक बहुत ही चिर-परिचित उदाहरण है। देशों को पोस्टल कोड्स में बाँटा गया है, ताकि चिट्ठियों को कुशलतापूर्वक वितरित किया जा सके। आमतौर पर पिनकोड के सबसे बाएँ छोर का अंक बड़े उपखण्ड का द्योतक होता है और सबसे दाएँ छोर का अंक छोटे उपखण्डों का द्योतक होता है (**चित्र-4 देखें**)। यदि इन अंकों के बारे में थोड़ा गहराई से पड़ताल करें, तो पाएँगे कि प्रत्येक अंक एक वास्तविक स्थान, अर्थात एक डाकघर के साथ जुड़ा हुआ है। मुख्य डाकघर से शुरू होकर, बाएँ से दाएँ आने वाला प्रत्येक अंक एक जिला स्तर, एक क़स्बा स्तर और एक मोहल्ला डाकघर के नाम के लिए है। अचानक यह स्पष्ट हो जाता है कि एक नेस्टेड सूची वास्तव में छद्म रूप में एक वृक्ष की तरह है!

वृक्ष की प्रत्येक गाँठ (नोड) एक डाकघर है और तीर दिखाते हैं कि एक चिट्ठी उच्च स्तर से निचले स्तर तक कैसे जाती है।

जीवविज्ञान के लिहाज से इसका क्या मतलब है?

वर्गीकरण वैज्ञानिक किसी ख़ास समय पर ज्ञात सभी जीवित चीज़ों को समूहीकृत करते आए हैं, अघोषित मान्यता यह होती है कि यह समूह कभी नहीं बदलता। एक ऐसी दुनिया की कल्पना करें, जिसमें ये सभी प्रजातियाँ सृष्टि के सृजन के क्षण से डिज़ाइन की गई थीं और अपरिवर्तित रही हैं। ऐसा है तो एक इकलौती अद्वितीय नेस्टेड वर्गीकरण

प्रणाली की खोज बेहद आश्चर्यजनक बात होगी। काल्पनिक जानवरों की दुनिया, जिनके सभी लक्षण एक-दूसरे के साथ उलझे हुए हों, फर्नीचर की तरह दिखेंगे और इनका वर्गीकरण सम्भव होगा।

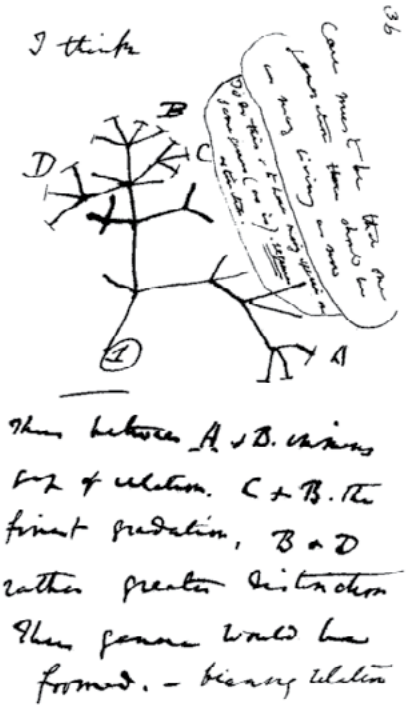
डार्विन और वालेस ने स्वतंत्र रूप से सुझाव दिया कि लिनियन वर्गीकरण प्रणाली को नेस्टेड समूहों की बजाय एक वृक्ष के रूप में देखा जाना चाहिए। डार्विन फिंच पक्षी का अध्ययन और वालेस द्वारा जैव-भौगोलिक क्षेत्रों की पहचान, दोनों ने समय के प्रवाह की भूमिका का महत्त्व स्पष्ट किया। इससे गहरा अन्तर पड़ा, क्योंकि इसने वृक्ष जैसे पैटर्न के लिए एक भौतिक व्याख्या प्रदान की। यदि हम समय के प्रवाह का प्रतिनिधित्व वृक्ष की शाखाओं के रूप में देखें, तो **आज** सभी जीवित चीज़ों के बीच के रिश्ते (नेस्टेड सूची) हमें **अतीत** (वृक्ष की पैतृक शाखाओं) के बारे में बहुत कुछ बताते हैं! यदि जानवर और पौधे समय के साथ बदल सकते हैं, और लक्षणों में जनक से लेकर सन्तानों तक अन्तर संग्रहित करते हैं, तो वर्तमान समय के लक्षणों के नेस्टेड समूहों को आसानी से समझा जा सकता है। बेशक, यह केवल शुरुआत है। हमें यह व्याख्या करनी होगी कि ये लक्षण कैसे बदले, वे कितने वंशानुगत थे या प्रत्येक पीढ़ी में कैसे कुछ लक्षण चुने गए। यह तो जीवविज्ञान के आधुनिक जैविक में सम्भव हुआ है कि आनुवंशिकता और जेनेटिक एनकोडिंग की अन्तर्निहित आणविक क्रियाविधि को स्पष्ट किया जा सका। विचारों का यह संग्रह आधुनिक संश्लेषण (मॉडर्न सिंथेसिस) है जो प्राकृतिक चयन द्वारा विकास के सिद्धान्त का प्रतिनिधित्व करता है और इसकी शुरुआत जीवन वृक्ष की पहचान से हुई थी।

‘‘ आई थिंक...’’

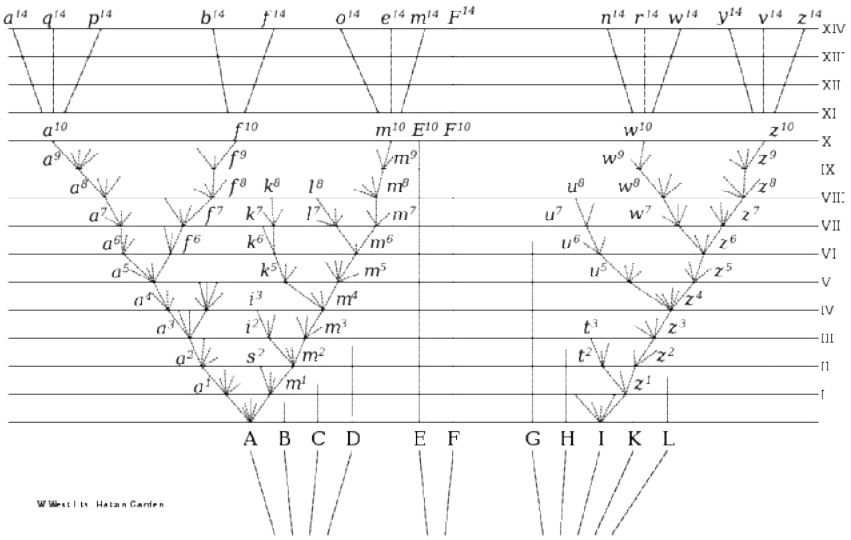
डार्विन की नोटबुक में 1837 में बना एक रेखाचित्र, जीवित चीज़ों के वृक्ष का उनका पहला निरूपण है। इसका मशहूर शीर्षक है ‘‘आई थिंक...’’। 1859 में प्रकाशित डार्विन की पुस्तक *ओरिजिन ऑफ़ स्पीशीज़*, में एक अकेला रेखाचित्र है, जो जीवन वृक्ष का भी प्रतिनिधित्व करता है (**चित्र-5 देखें**)। तो डार्विन ने क्या सोचा था?

हम निश्चित रूप से तो कभी नहीं जान पाएँगे। लेकिन, यह अनुमान लगाना ठीक ही होगा कि डार्विन ने नेस्टेड समूहों और वृक्ष के बीच के सम्बन्ध को पहचान लिया था। दोनों ही सजीवों के लक्षणों के बारे में बड़ी मात्रा में किए अवलोकनों को संक्षेप में व्यक्त करने के समान रूप से वैध तरीक़ों का प्रतिनिधित्व करते हैं। अलबत्ता, नेस्टेड समूह अचल स्थिति (अपरिवर्तनीय) का संकेत देते हैं, जबकि वृक्ष रूपान्तरण (ट्रान्सम्यूटेशन) का संकेत देता है, एक प्रजाति से दूसरी में क्रमिक परिवर्तन। एक बार यह स्पष्ट हो जाने के बाद, डार्विन ने तुरन्त समझ लिया कि प्राचीन वृक्ष की सभी शाखाएँ आज जीवित नहीं हैं – अतीत में वन के अजीब रूप रहे होंगे

(क)



(ख)



चित्र-5 : डार्विन का वृक्ष।

(क) ट्रांसम्यूटेशन ऑफ़ स्पीशीज़ पर उनकी पहली नोटबुक (1837) से।

(ख) ऑन द ओरिजिन ऑफ़ स्पीशीज़ (1859) में।

Credits: Charles Darwin, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Origin_of_Species.svg. License: CC-BY-SA.

जो बिना कोई निशान छोड़े गायब हो गए हैं। सबसे महत्त्वपूर्ण बात, डार्विन के पास एक सूझ-बूझ और थी। जिस तरह डाकघर के वृक्ष की गाँठें वास्तविक भौतिक इमारतों का प्रतिनिधित्व करती हैं, वैसे ही जीवन वृक्ष की आन्तरिक गाँठ भी कुछ वास्तविक चीज़ों का प्रतिनिधित्व करती हैं। प्रत्येक गाँठ एक पूर्वज प्राणी है – सूक्ष्म जीव, पौधा और जन्तु – जो अतीत में अरबों वर्षों पहले जिए होंगे और मर चुके होंगे। दूसरे शब्दों में, यह नेस्टेड वर्गीकरण प्रणाली जीवाश्मों में दर्ज, मध्यवर्ती रूपों के अस्तित्व का संकेत देती है, जो चट्टान की परतों में अतीत के रिकॉर्ड के रूप में दफ़न हैं।

डार्विन और वालेस का उद्विकास का सिद्धान्त कई परीक्षणों से गुज़रा है और अब तक हर परीक्षा को पास किया है। आज हम जानते हैं कि जीवन वृक्ष (और प्राकृतिक चयन की प्रक्रिया), जिसे पहले पौधों और जन्तुओं की विविधता को समझाने के लिए विकसित किया गया था, वह पृथ्वी पर सारे कोशिकीय जीवन पर लागू होती है – जिसमें प्रोकैरियोटिक बैक्टीरिया, आर्किया और एक-कोशिकीय सूक्ष्मजीवी यूकेरियोट्स शामिल हैं। कुछ दिलचस्प बदलाव भी हुए हैं – आज हम जानते हैं कि कोशिकाएँ DNA का आदान-प्रदान कर सकती हैं; और दो प्रजातियाँ संकरण के द्वारा तीसरी प्रजाति बना सकती हैं। लेकिन ये प्रक्रियाएँ मुख्य वृक्ष पर सिर्फ़ छिट-पुट अलंकरण के रूप में हैं। संगत लक्षणों के वैश्विक समूह में अब प्रारम्भिक स्थूल मापन से लेकर आणविक-स्तर तक की जानकारी शामिल है। वस्तुतः कोशिका के जीनोम की प्रत्येक क्षार जोड़ी विकास प्रक्रिया की गवाह है। 1970 के दशक में कार्ल वीस के आणविक वर्गीकरण के पहले प्रयासों से शुरू करते हुए, अब मात्र डीएनए साक्ष्य द्वारा जीवन वृक्ष में किसी जीव की स्थिति का पता लगाना, एक नियमित काम हो गया है।

जीवन के इतिहास को समझना हमें सिखाता है कि प्रत्येक जीव रूप क़ीमती है और यह अतीत में पहुँचने वाले एक अटूट मार्ग का प्रतिनिधित्व करता है। विकास जारी है – जीवन की वर्तमान विविधता उत्पन्न करने वाली प्रक्रियाएँ आज भी चल रही हैं। विकास कुछ घण्टों या अरबों वर्षों में हो सकता है; अन्य सभी जीवों की तरह मनुष्य भी विकसित होता रहता है। नई प्रजातियाँ उत्पन्न होती रहती हैं; लेकिन मानव गतिविधियों ने, पृथ्वी पर जीवन के छठे महान विलोपन के दौरान, कई प्रजातियों का सफ़ाया कर दिया है। विलोपन का यह पैमाना अभूतपूर्व और अनुत्क्रमणीय है। हम जीवन वृक्ष के घटिया संरक्षक साबित हुए हैं – सजीवों की विविधता को संरक्षण हमारे समय की एकमात्र सबसे बड़ी चुनौती है।

Note: Credits for the image used in the background of the article title: Charles Darwin, Wikimedia Commons. URL: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Darwin%27s_I_think.svg. License: CC-BY-SA.

मुकुन्द थत्ताई नेशनल सेंटर फ़ॉर बायोलॉजिकल साइंसेज़ में एक शोधकर्ता हैं। भौतिकी में प्रशिक्षित, वे अब यह अध्ययन कर रहे हैं कि कोशिकाएँ अरबों वर्षों में कैसे विकसित हुईं। वे जीवविज्ञान के अभ्यास और समाज पर इसके प्रभाव का पता लगाने के लिए कलाकारों और नाट्यकर्मियों के साथ काम करते रहते हैं और सार्वजनिक जुड़ाव के कामों में गहराई से शामिल हैं। उनसे thattai@ncbs.res.in पर सम्पर्क किया जा सकता है।

अनुवाद : प्रमोद मैथिल **पुनरीक्षण :** सुशील जोशी **कॉपी एडिटर :** अनुज उपाध्याय