

ಅರಣ್ಯ ಮತ್ತು ವನ್ಯಜೀವಿಗಳ ಸುಸ್ಥಿರ ನಿರ್ವಹಣೆಯಲ್ಲಿ ನಿಸಾರ್ (NISAR) ಉಪಗ್ರಹದ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಪಾತ್ರ

ಭೂಮಿಯ ಪರಿಸರ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯ ಸಮತೋಲನಕ್ಕೆ ಅರಣ್ಯ ಮತ್ತು ವನ್ಯಜೀವಿಗಳ ಸಂರಕ್ಷಣೆ ಅತ್ಯಗತ್ಯ. ಈ ಸಂರಕ್ಷಣಾ ಪ್ರಯತ್ನಗಳಿಗೆ ನಿಖರ, ನಿರಂತರ ಮತ್ತು ವ್ಯಾಪಕವಾದ ದತ್ತಾಂಶದ ಅವಶ್ಯಕತೆಯಿದೆ. ಸಾಂಪ್ರದಾಯಿಕ ದೃಷ್ಟಿಜ್ಞಾನಿಕ (optical) ಉಪಗ್ರಹಗಳು ಮೋಡ, ಹೊಗೆ ಮತ್ತು ರಾತ್ರಿಯ ಸಮಯದಲ್ಲಿ ದತ್ತಾಂಶ ಸಂಗ್ರಹಿಸಲು ವಿಫಲವಾಗುತ್ತವೆ. ಈ ಮಿತಿಯನ್ನು ನಿವಾರಿಸಲು, ನಾಸಾ (NASA) ಮತ್ತು ಇಸ್ರೋ (ISRO) ಜಂಟಿಯಾಗಿ ಅಭಿವೃದ್ಧಿಪಡಿಸಿರುವ ನಿಸಾರ್ (NASA-ISRO Synthetic Aperture Radar - NISAR) ಉಪಗ್ರಹವು ಒಂದು ಕ್ರಾಂತಿಕಾರಿ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವಾಗಿದೆ. ಈ ಲೇಖನವು ನಿಸಾರ್‌ನ ವಿಶಿಷ್ಟ ದ್ವಿತರಂಗಾಂತರ (dual-frequency) ರಾಡಾರ್ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ, ಪೋಲಾರಿಮೆಟ್ರಿ (Polarimetry) ಸಾಮರ್ಥ್ಯ ಮತ್ತು ಅದರ 12-ದಿನಗಳ ಪುನರಾವರ್ತಿತ ಪರಿವೀಕ್ಷಣೆಯು ಅರಣ್ಯ ಜೀವರಾಶಿ (biomass) ಮಾಪನ, ಅರಣ್ಯನಾಶ ಪತ್ತೆ, ಕಾಡ್ಗಿಚ್ಚಿನ ನಿರ್ವಹಣೆ, ಮತ್ತು ವನ್ಯಜೀವಿ ಆವಾಸಸ್ಥಾನಗಳ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆಯಲ್ಲಿ ಹೇಗೆ ಮಹತ್ವದ ಪಾತ್ರ ವಹಿಸಲಿದೆ ಎಂಬುದನ್ನು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ದೃಷ್ಟಿಕೋನದಿಂದ ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುತ್ತದೆ.

1. ಪೀಠಿಕೆ

ಅರಣ್ಯಗಳು ಭೂಮಿಯ ಶ್ವಾಸಕೋಶಗಳು. ಇವು ಜಾಗತಿಕ ಇಂಗಾಲದ ಚಕ್ರವನ್ನು ನಿಯಂತ್ರಿಸುತ್ತವೆ, ಜೀವವೈವಿಧ್ಯಕ್ಕೆ ಆಶ್ರಯ ನೀಡುತ್ತವೆ ಮತ್ತು ಕೋಟ್ಯಂತರ ಜನರ ಜೀವನಾಧಾರವಾಗಿವೆ.

ಆದರೆ, ಹವಾಮಾನ ಬದಲಾವಣೆ, ಅರಣ್ಯನಾಶ ಮತ್ತು ಮಾನವ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳಿಂದಾಗಿ ಈ ಅಮೂಲ್ಯ ಸಂಪನ್ಮೂಲಗಳು ತೀವ್ರ ಒತ್ತಡದಲ್ಲಿವೆ. ಇವುಗಳ ಪರಿಣಾಮಕಾರಿ ನಿರ್ವಹಣೆಗೆ, ಅರಣ್ಯದ ರಚನೆ, ಆರೋಗ್ಯ ಮತ್ತು ವಿಸ್ತೀರ್ಣದಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ನಿರಂತರವಾಗಿ ಮೇಲ್ವಿಚಾರಣೆ ಮಾಡುವುದು ಅತ್ಯಗತ್ಯ.

ದೃಷ್ಟಿಜ್ಞಾನಿಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳು (ಉದಾ: Landsat, Sentinel-2) ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಚಿತ್ರಗಳನ್ನು ಒದಗಿಸುತ್ತವೆಯಾದರೂ, ಅವುಗಳ ಕಾರ್ಯಕ್ಷಮತೆ ವಾತಾವರಣದ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳನ್ನು (ಮೋಡ, ಮಂಜು) ಅವಲಂಬಿಸಿರುತ್ತದೆ. ಉಷ್ಣವಲಯದ ದಟ್ಟ ಅರಣ್ಯ ಪ್ರದೇಶಗಳಲ್ಲಿ ವರ್ಷದ ಬಹುಪಾಲು ಮೋಡ ಕವಿದ ವಾತಾವರಣವಿರುವುದರಿಂದ, ನಿರಂತರ ದತ್ತಾಂಶ ಸಂಗ್ರಹಣೆ ಒಂದು ದೊಡ್ಡ ಸವಾಲಾಗಿದೆ. ಈ ಸವಾಲನ್ನು ಎದುರಿಸಲು, ಸಿಂಥೆಟಿಕ್ ಅಪರ್ಚರ್ ರಾಡಾರ್ (SAR) ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವು ಅತ್ಯುತ್ತಮ ಪರಿಹಾರವಾಗಿದೆ. SAR, ತನ್ನದೇ ಆದ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಭೂಮಿಗೆ ಕಳುಹಿಸಿ, ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ಗ್ರಹಿಸುವ ಮೂಲಕ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಇದು ಹಗಲು-ರಾತ್ರಿ ಹಾಗೂ ಎಲ್ಲಾ ಹವಾಮಾನ ಪರಿಸ್ಥಿತಿಗಳಲ್ಲೂ ಕಾರ್ಯನಿರ್ವಹಿಸಬಲ್ಲದು. ನಿಸಾರ್ ಈ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವನ್ನು ಮುಂದಿನ ಹಂತಕ್ಕೆ ಕೊಂಡೊಯ್ಯುವ ಒಂದು ಮಹತ್ವಾಕಾಂಕ್ಷೆಯ ಯೋಜನೆಯಾಗಿದೆ.



2. ನಿಸಾರ್ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನ: ಒಂದು ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅವಲೋಕನ

ನಿಸಾರ್‌ನ ಯಶಸ್ಸಿನ ಹಿಂದೆ ಅದರ ಅತ್ಯಾಧುನಿಕ ರಾಡಾರ್ ವ್ಯವಸ್ಥೆ ಇದೆ. ಇದರ ಪ್ರಮುಖ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅಂಶಗಳೆಂದರೆ:

ದ್ವಿ-ತರಂಗಾಂತರ ರಾಡಾರ್ (Dual-Frequency Radar): ನಿಸಾರ್, L-ಬ್ಯಾಂಡ್ (24 cm ತರಂಗಾಂತರ) ಮತ್ತು S-ಬ್ಯಾಂಡ್ (12 cm ತರಂಗಾಂತರ) ಎಂಬ ಎರಡು ವಿಭಿನ್ನ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ತರಂಗಾಂತರಗಳನ್ನು ಬಳಸುವ ವಿಶ್ವದ ಮೊದಲ ಉಪಗ್ರಹವಾಗಿದೆ.

L-ಬ್ಯಾಂಡ್ (NASA ನಿರ್ಮಿತ): ಇದರ ತರಂಗಾಂತರವು ದೀರ್ಘವಾಗಿರುವುದರಿಂದ, ಇದು ಅರಣ್ಯದ ಮೇಲ್ವಾವಣಿಯನ್ನು (canopy) ಭೇದಿಸಿ, ಮರದ ಕಾಂಡಗಳು ಮತ್ತು ದೊಡ್ಡ ಕೊಂಬೆಗಳೊಂದಿಗೆ ಸಂವಹಿಸುತ್ತದೆ. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಅರಣ್ಯದ ಒಳರಚನೆ, ಜೀವರಾಶಿ ಮತ್ತು ಮಣ್ಣಿನ ತೇವಾಂಶದ ಬಗ್ಗೆ ನಿಖರವಾದ ಮಾಹಿತಿ ಲಭ್ಯವಾಗುತ್ತದೆ.

S-ಬ್ಯಾಂಡ್ (ISRO ನಿರ್ಮಿತ): ಇದರ ತರಂಗಾಂತರವು ಚಿಕ್ಕದಾಗಿದ್ದು, ಇದು ಎಲೆಗಳು, ಸಣ್ಣ ಕೊಂಬೆಗಳು ಮತ್ತು ಕೃಷಿ ಬೆಳೆಗಳಂತಹ ಸೂಕ್ಷ್ಮ ವಸ್ತುಗಳಿಗೆ ಹೆಚ್ಚು ಸಂವೇದನಾಶೀಲವಾಗಿದೆ. ಇದು ಅರಣ್ಯದ ಮೇಲ್ಭಾಗದ ರಚನೆ, ಕೃಷಿ ಚಟುವಟಿಕೆಗಳು ಮತ್ತು ಭೂಮಿಯ ಮೇಲ್ಮೈಯ ಸಣ್ಣ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಲು ಸಹಕಾರಿ.

ಪೂರ್ಣ ಪೋಲಾರಿಮೆಟ್ರಿ (Full Polarimetry): ನಿಸಾರ್, ವಿದ್ಯುತ್ಕಾಂತೀಯ ಸಂಕೇತಗಳನ್ನು ವಿವಿಧ ಧ್ರುವೀಕರಣಗಳಲ್ಲಿ (ಸಮತಲ -Horizontal, ಲಂಬ-Vertical) ಕಳುಹಿಸಿ ಮತ್ತು ಸ್ವೀಕರಿಸಬಲ್ಲದು. ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಸಂಕೇತಗಳ ಧ್ರುವೀಕರಣವನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುವ ಮೂಲಕ, ಗುರಿಯ (target) ಭೌತಿಕ ಗುಣಲಕ್ಷಣಗಳಾದ ಆಕಾರ, ಗಾತ್ರ, ಮತ್ತು ರಚನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಅಮೂಲ್ಯ ಮಾಹಿತಿ ಸಿಗುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ದಟ್ಟ ಅರಣ್ಯ, ಕುರುಚಲು ಕಾಡು, ಮತ್ತು ಜೌಗು ಪ್ರದೇಶಗಳು ವಿಭಿನ್ನ ಪೋಲಾರಿಮೆಟ್ರಿಕ್ ಸಹಿಯನ್ನು (polarimetric signature) ಹೊಂದಿರುತ್ತವೆ.

12-ದಿನಗಳ ಪುನರಾವರ್ತಿತ ಪರಿವೀಕ್ಷಣೆ (12-Day Repeat Cycle): ನಿಸಾರ್ ಪ್ರತಿ 12 ದಿನಗಳಿಗೊಮ್ಮೆ ಇಡೀ ಭೂಮಿಯನ್ನು ಸಮೀಕ್ಷೆ ಮಾಡುತ್ತದೆ. ಈ ಹೆಚ್ಚಿನ ತಾತ್ಕಾಲಿಕ ರೆಸಲ್ಯೂಶನ್ (temporal resolution), ಅರಣ್ಯನಾಶ, ಕಾಡ್ಗಿಚ್ಚು, ಪ್ರವಾಹ ಮತ್ತು ಭೂಕುಸಿತದಂತಹ ಘಟನೆಗಳನ್ನು ಸಂಭವಿಸುವ ಘಟನೆಗಳನ್ನು ಬಹುಬೇಗ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲು ಮತ್ತು ಮೇಲ್ವಿಚಾರಣೆ ಮಾಡಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ.

3. ಅರಣ್ಯ ನಿರ್ವಹಣೆಯಲ್ಲಿ ನಿಸಾರ್‌ನ ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಅನ್ವಯಗಳು

3.1. ಅರಣ್ಯ ಜೀವರಾಶಿ ಮತ್ತು ಇಂಗಾಲದ ಮಾಪನ (Forest Biomass and Carbon Stock Estimation):

ಅರಣ್ಯಗಳು ವಾತಾವರಣದಿಂದ ಇಂಗಾಲದ ಡೈಆಕ್ಸೈಡ್ (CO₂) ಅನ್ನು ಹೀರಿಕೊಂಡು, ತಮ್ಮ ಜೀವರಾಶಿಯಲ್ಲಿ ಸಂಗ್ರಹಿಸುತ್ತವೆ. ಈ ಇಂಗಾಲದ ಸಂಗ್ರಹವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ಅಳೆಯುವುದು ಹವಾಮಾನ ಬದಲಾವಣೆಯ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು (climate models) ಸುಧಾರಿಸಲು ಮತ್ತು REDD+ (Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation) ನಂತಹ ಅಂತರರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಯೋಜನೆಗಳಿಗೆ ಅತ್ಯಗತ್ಯ. ನಿಸಾರ್‌ನ L-ಬ್ಯಾಂಡ್ ರಾಡಾರ್ ಸಂಕೇತವು ಅರಣ್ಯದೊಳಗೆ ನುಗ್ಗಿ ಕಾಂಡ ಮತ್ತು ಕೊಂಬೆಗಳಿಂದ ಪ್ರತಿಫಲಿಸುತ್ತದೆ. ಈ ಪ್ರತಿಫಲಿತ ಸಂಕೇತದ ತೀವ್ರತೆ (backscatter intensity) ಮತ್ತು ಪೋಲಾರಿಮೆಟ್ರಿಕ್ ದತ್ತಾಂಶವು, ಅರಣ್ಯದ ಮೇಲಿನ ಜೀವರಾಶಿಗೆ (Above-Ground Biomass - AGB) ನೇರವಾಗಿ ಸಂಬಂಧಿಸಿದೆ. ಗಣಿತದ ಮಾದರಿಗಳನ್ನು ಬಳಸಿ, ಈ ರಾಡಾರ್ ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು AGB ನಕ್ಷೆಗಳಾಗಿ ಪರಿವರ್ತಿಸಬಹುದು. ಇದರಿಂದ, ರಾಷ್ಟ್ರೀಯ ಮತ್ತು ಜಾಗತಿಕ ಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಇಂಗಾಲದ ಲೆಕ್ಕಾಚಾರವನ್ನು ಅತ್ಯಂತ ನಿಖರವಾಗಿ ಮಾಡಬಹುದು.

3.2. ಅರಣ್ಯನಾಶ ಮತ್ತು ಅರಣ್ಯ ಅವನತಿಯ ಪತ್ತೆ (Deforestation and Forest Degradation Detection):

ಅರಣ್ಯನಾಶ (ಸಂಪೂರ್ಣ ಅರಣ್ಯ ತೆರವು) ಮತ್ತು ಅರಣ್ಯ ಅವನತಿ (ಅರಣ್ಯದ ಸಾಂದ್ರತೆ ಕಡಿಮೆಯಾಗುವುದು, ಉದಾ: ಆಯ್ದ ಮರ ಕಡಿಯುವಿಕೆ) ಎರಡನ್ನೂ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚುವುದು ಮುಖ್ಯ. ಅರಣ್ಯವನ್ನು ತೆರವುಗೊಳಿಸಿದಾಗ, ರಾಡಾರ್ ಸಂಕೇತದ ಪ್ರತಿಫಲನದಲ್ಲಿ ತೀವ್ರ ಬದಲಾವಣೆಯಾಗುತ್ತದೆ. ನಿಸಾರ್‌ನ 12-ದಿನಗಳ ಪುನರಾವರ್ತಿತ ದತ್ತಾಂಶವು ಈ ಬದಲಾವಣೆಯನ್ನು ಬಹುಬೇಗ ಗುರುತಿಸಿ, ಎಚ್ಚರಿಕೆಯ ವ್ಯವಸ್ಥೆಯನ್ನು (alert system) ರೂಪಿಸಲು ಅನುವು ಮಾಡಿಕೊಡುತ್ತದೆ. ಅರಣ್ಯ ಅವನತಿಯನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಲು ಪೋಲಾರಿಮೆಟ್ರಿಕ್ ಮತ್ತು ಇಂಟರ್‌ಫೆರೋಮೆಟ್ರಿಕ್ ಕೊಹರೆನ್ಸ್ (Interferometric Coherence) ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ಬಳಸಲಾಗುತ್ತದೆ. ಅರಣ್ಯದ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಸಣ್ಣ ಬದಲಾವಣೆಯಾದರೂ, ಈ ದತ್ತಾಂಶದಲ್ಲಿ ವ್ಯತ್ಯಾಸ ಕಂಡುಬರುತ್ತದೆ.

3.3. ಕಾಡ್ಗಿಚ್ಚು ಮೇಲ್ವಿಚಾರಣೆ ಮತ್ತು ಹಾನಿಯ ಮೌಲ್ಯಮಾಪನ (Wildfire Monitoring and Damage Assessment):

ದಟ್ಟ ಹೊಗೆಯಿಂದಾಗಿ ಕಾಡ್ಗಿಚ್ಚಿನ ವ್ಯಾಪ್ತಿಯನ್ನು ದೃಗ್ವೈಜ್ಞಾನಿಕ ಉಪಗ್ರಹಗಳಿಂದ ಗುರುತಿಸುವುದು ಕಷ್ಟ. ನಿಸಾರ್‌ನ ಮೈಕ್ರೋವೇವ್ ಸಂಕೇತಗಳು ಹೊಗೆಯನ್ನು ಭೇದಿಸಬಲ್ಲವು. ಇದರಿಂದಾಗಿ, ಬೆಂಕಿ ಹರಡಿರುವ ಪ್ರದೇಶವನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ನಕ್ಷೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಕಾಡ್ಗಿಚ್ಚಿನ ನಂತರ, ಸುಟ್ಟ ಪ್ರದೇಶದ ರಾಡಾರ್ ಪ್ರತಿಫಲನವು ಬದಲಾಗುತ್ತದೆ. ಈ ಬದಲಾವಣೆಯ ತೀವ್ರತೆಯನ್ನು ಅಳೆದು, ಕಾಡ್ಗಿಚ್ಚಿನಿಂದಾದ ಹಾನಿಯ ಪ್ರಮಾಣವನ್ನು ಅಂದಾಜು ಮಾಡಬಹುದು. ಇದು ಪುನಶ್ಚೇತನ ಯೋಜನೆಗಳಿಗೆ ಅತ್ಯಮೂಲ್ಯ ಮಾಹಿತಿಯಾಗಿದೆ.

4. ವನ್ಯಜೀವಿ ನಿರ್ವಹಣೆಯಲ್ಲಿ ನಿಸಾರ್‌ನ ಪರೋಕ್ಷ ಪಾತ್ರ

ನಿಸಾರ್ ನೇರವಾಗಿ ಪ್ರಾಣಿಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚುವುದಿಲ್ಲ. ಆದರೆ ಅವುಗಳ ಆವಾಸಸ್ಥಾನದ (habitat) ಗುಣಮಟ್ಟ ಮತ್ತು ರಚನೆಯನ್ನು ವಿಶ್ಲೇಷಿಸುವ ಮೂಲಕ ವನ್ಯಜೀವಿ ಸಂರಕ್ಷಣೆಗೆ ಪರೋಕ್ಷವಾಗಿ ನೆರವಾಗುತ್ತದೆ.

4.1. ಆವಾಸಸ್ಥಾನದ ರಚನಾತ್ಮಕ ವಿಶ್ಲೇಷಣೆ (Habitat Structural Analysis):

ಪ್ರತಿಯೊಂದು ಪ್ರಾಣಿ ಪ್ರಭೇದಕ್ಕೂ ನಿರ್ದಿಷ್ಟ ರೀತಿಯ ಆವಾಸಸ್ಥಾನದ ಅಗತ್ಯವಿರುತ್ತದೆ. ನಿಸಾರ್ ದತ್ತಾಂಶವು ಅರಣ್ಯದ 3D ರಚನೆಯ ಬಗ್ಗೆ ಮಾಹಿತಿ ನೀಡುತ್ತದೆ. ಉದಾಹರಣೆಗೆ, ಮೇಲ್ಭಾಗದ ಎತ್ತರ, ಸಾಂದ್ರತೆ, ಮತ್ತು ಕೆಳಪದರದ ಸಸ್ಯವರ್ಗದ ಇರುವಿಕೆ. ಈ ಮಾಹಿತಿಯನ್ನು ಬಳಸಿ, ಹುಲಿ, ಆನೆ, ಸಿಂಗಳೀಕದಂತಹ ಪ್ರಾಣಿಗಳಿಗೆ ಸೂಕ್ತವಾದ ಆವಾಸಸ್ಥಾನಗಳನ್ನು ಗುರುತಿಸಬಹುದು. ಆವಾಸಸ್ಥಾನದ ಗುಣಮಟ್ಟದಲ್ಲಿ ಕಾಲಕ್ರಮೇಣ ಆಗುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು (ಉದಾ: ಅತಿಕ್ರಮಣಕಾರಿ ಸಸ್ಯಗಳ ಹರಡುವಿಕೆ) ಸಹ ಮೇಲ್ವಿಚಾರಣೆ ಮಾಡಬಹುದು.

4.2. ವನ್ಯಜೀವಿ ಕಾರಿಡಾರ್ ಗಳ ಮೇಲ್ವಿಚಾರಣೆ (Monitoring Wildlife Corridors):

ಸಂರಕ್ಷಿತ ಪ್ರದೇಶಗಳ ನಡುವೆ ಪ್ರಾಣಿಗಳು ಚಲಿಸಲು ವನ್ಯಜೀವಿ ಕಾರಿಡಾರ್‌ಗಳು ಅತ್ಯಗತ್ಯ. ನಿಸಾರ್‌ನ ನಿರಂತರ ದತ್ತಾಂಶವು ಈ ಕಾರಿಡಾರ್‌ಗಳಲ್ಲಿನ ಭೂ ಬಳಕೆಯ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು (ಉದಾ: ಹೊಸ ರಸ್ತೆ, ಕಟ್ಟಡ ನಿರ್ಮಾಣ) ಗುರುತಿಸಲು ಸಹಾಯ ಮಾಡುತ್ತದೆ.

ಕಾರಿಡಾರ್‌ನ ಸಸ್ಯವರ್ಗದ ರಚನೆಯಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಬದಲಾವಣೆಗಳನ್ನು ಪತ್ತೆಹಚ್ಚುವ ಮೂಲಕ, ಅದರ ಆರೋಗ್ಯ ಮತ್ತು ಪ್ರಾಣಿಗಳ ಬಳಕೆಗೆ ಯೋಗ್ಯವಾಗಿದೆಯೇ ಎಂಬುದನ್ನು ನಿರ್ಣಯಿಸಬಹುದು.

4.3. ಜೌಗು ಪ್ರದೇಶಗಳು ಮತ್ತು ಜಲಮೂಲಗಳ ನಿರ್ವಹಣೆ (Management of Wetlands and Water Bodies):

ಜೌಗು ಪ್ರದೇಶಗಳು ಅನೇಕ ಪಕ್ಷಿ ಪ್ರಭೇದಗಳು ಮತ್ತು ಜಲಚರಗಳಿಗೆ ಆಶ್ರಯ ತಾಣಗಳಾಗಿವೆ. ರಾಡಾರ್ ಸಂಕೇತಗಳು ನೀರಿಗೆ ಅತ್ಯಂತ ಸಂವೇದನಾಶೀಲವಾಗಿವೆ. ನಿಸಾರ್, ಸಸ್ಯವರ್ಗದ ಕೆಳಗಿರುವ ನೀರಿನ ಮಟ್ಟವನ್ನು ಸಹ ಪತ್ತೆಹಚ್ಚಬಲ್ಲದು. ಇದರಿಂದ, ಜೌಗು ಪ್ರದೇಶಗಳ ವಿಸ್ತೀರ್ಣದಲ್ಲಿ ಆಗುವ ಕಾಲೋಚಿತ ಬದಲಾವಣೆಗಳು, ಪ್ರವಾಹದ ಹರಡುವಿಕೆ ಮತ್ತು ನೀರಿನ ಲಭ್ಯತೆಯನ್ನು ನಿಖರವಾಗಿ ನಕ್ಷೆ ಮಾಡಬಹುದು. ಇದು ವಲಸೆ ಹಕ್ಕಿಗಳ ಸಂರಕ್ಷಣಾ ಯೋಜನೆಗಳಿಗೆ ನಿರ್ಣಾಯಕವಾಗಿದೆ.

5. ಸವಾಲುಗಳು ಮತ್ತು ಭವಿಷ್ಯದ ಮಾರ್ಗಸೂಚಿ

ನಿಸಾರ್ ಒಂದು ಅದ್ಭುತ ತಂತ್ರಜ್ಞಾನವಾದರೂ, ಅದರ ಸಂಪೂರ್ಣ ಪ್ರಯೋಜನ ಪಡೆಯಲು ಕೆಲವು ಸವಾಲುಗಳಿವೆ:

- **ಬೃಹತ್ ದತ್ತಾಂಶ (Big Data):** ನಿಸಾರ್ ಪ್ರತಿದಿನ ಟೆರಾಬೈಟ್ ಗಳಷ್ಟು (Terabyte) ದತ್ತಾಂಶವನ್ನು ಉತ್ಪಾದಿಸಲಿದೆ.

