



SO SÁNH SUY GIẢM NĂNG SUẤT SINH KHỐI GÂY RA DO CON NGƯỜI TẠI CÁC NƯỚC VÙNG HẠ LƯU SÔNG MEKONG SỬ DỤNG DỮ LIỆU NDVI TỪ NGUỒN NOAA AVHRR VÀ TERRA MODIS

Vũ Mạnh Quyết^{1*}, Nguyễn Dân Trí¹, Trần Thị Minh Thu¹, John Bolten², Venkat Lakshmi³

¹ Viện Thổ nhưỡng Nông hóa – Hà Nội

² NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771, USA

³ School of Earth Ocean and Environment, University of South Carolina, Columbia SC 29208 USA

Ngày nhận bài: 30-9-2018; ngày nhận bài sửa: 22-10-2018; ngày duyệt đăng: 21-11-2018

TÓM TẮT

Xu hướng của hai bộ dữ liệu NDVI lấy từ nguồn AVHRR/NOAA và MODIS trong giai đoạn trùng nhau (2001-2015) và mối quan hệ của chúng với lượng mưa từ bộ dữ liệu CHIRPS được phân tích và đánh giá. Xu hướng sau 15 năm của suy giảm năng suất sinh khối do con người từ hai bộ dữ liệu khá tương đồng (khoảng 13-14% tổng diện tích). Dữ liệu MODIS NDVI có thể sử dụng như một nguồn dữ liệu NDVI bổ trợ cho nguồn dữ liệu AVHRR NDVI hiện có.

Từ khóa: chuỗi thời gian, hạ lưu sông Mekong, năng suất sinh khối, NDVI, xu hướng.

ABSTRACT

A comparison of human-induced biomass productivity decline in the Lower Mekong Basin countries using annual NDVI time series derived from NOAA AVHRR and Terra MODIS

The trends of NDVI data derived from AVHRR/NOAA and Terra MODIS in the overlapping period (2001-2015) and their relationship with rainfall from CHIRPS data were analyzed and examined. The trend over 15 years of human-induced biomass productivity declines from the two datasets was relatively similar (around 13-14% total land mass). MODIS NDVI data can be used as a complementary for existing AVHRR NDVI data sources.

Keywords: biomass productivity, Lower Mekong Basin, NDVI, time series, trend.

1. Đặt vấn đề

Chỉ số khác biệt thực vật chuẩn hóa (NDVI) là một chỉ số được tính toán từ ảnh vệ tinh thông qua các kênh nhìn thấy (Red) và cận hồng ngoại (NIR). Chỉ số NDVI đã được sử dụng rộng rãi trong các nghiên cứu gần đây [1], [2] khi đánh giá sự biến đổi của thực vật quy mô toàn cầu hoặc vùng trong một thời gian dài. Chỉ số NDVI còn được sử dụng như là một đại diện thay thế cho Năng suất Sơ cấp Nguyên (NPP) trong đánh giá và theo dõi thoái hóa đất đai [3] - [6].

Dữ liệu NDVI từ nguồn AVHRR và Terra MODIS là hai bộ dữ liệu được sử dụng khá nhiều trong thời gian qua. AVHRR NDVI có độ phân giải không gian thô (độ phân

* Email: quyetvm.sfri@mard.gov.vn

giải $1/12^\circ$, khoảng 9,16 km), nhưng hiện đây là bộ dữ liệu miễn phí cho phép theo dõi trong giai đoạn dài (từ năm 1982 đến nay). Terra MODIS NDVI có thời gian theo dõi ngắn hơn (từ 2000 đến nay) nhưng lại có độ phân giải không gian tốt hơn (1 km, 500 m và 250m). Hiểu được mối quan hệ giữa NDVI có nguồn gốc từ cảm biến AVHRR và Terra MODIS trong hiện tại và tương lai là rất quan trọng, giúp chúng ta tiếp tục theo dõi dài hạn các đặc tính bề mặt đất. Một vài nghiên cứu đã thực hiện nhằm so sánh bộ dữ liệu AVHRR NDVI với MODIS NDVI. Bédard et al. [7] đã so sánh hai bộ dữ liệu này trong 2 năm 2002 và 2003 cho vùng Alberta, Canada và thấy rằng sự tương quan chặt ($R=0,87$) giữa NDVI lấy từ ảnh AVHRR và MODIS đã chỉ ra rằng dữ liệu MODIS NDVI có thể được sử dụng như một nguồn bổ sung của dữ liệu AVHRR NDVI. Fensholt et al. [8] đã sử dụng dữ liệu NDVI từ nguồn Terra MODIS nhằm đánh giá sự chính xác của bộ dữ liệu AVHRR NDVI trong cùng giai đoạn 2000-2007 cho vùng Sahel, Sudan và nhận thấy xu hướng của 2 bộ dữ liệu là tương đối đồng nhất cho vùng bán khô hạn, nhưng với vùng khí hậu ẩm, sự thay đổi của AVHRR NDVI diễn ra mạnh hơn so với MODIS NDVI. Tuy nhiên, tại vùng hạ lưu sông Mekong, chưa có đánh giá nào thực hiện nhằm xem xét sự đồng nhất của hai bộ dữ liệu này.

Mục tiêu của nghiên cứu này là (1) so sánh xu hướng dài hạn về năng suất sinh khối và (2) so sánh suy giảm năng suất sinh khối do nguyên nhân con người sử dụng dữ liệu NDVI từ 2 nguồn có sẵn (AVHRR NDVI và Terra MODIS NDVI) cho các nước vùng hạ lưu sông Mekong, gồm 4 nước Việt Nam, Lào, Campuchia và Thái Lan.

2. Vật liệu và phương pháp

Trong nghiên cứu này, hai bộ dữ liệu NDVI lấy từ nguồn AVHRR/NOAA và Terra MODIS trong giai đoạn trùng nhau (2001-2015) được sử dụng để theo dõi sự thay đổi về diễn biến năng suất sinh khối cho vùng nghiên cứu. AVHRR NDVI được cung cấp bởi dự án Global Inventory Monitoring and Modeling System (GIMMS) với bộ dữ liệu mới nhất kéo dài trong giai đoạn từ tháng 7 năm 1981 đến tháng 12 năm 2015 [9]. Dữ liệu gốc (hai lần một tháng) với độ phân giải tương đương $9,16 \times 9,16$ km (pixel), được tải về, resample thành độ phân giải 1km để có cùng độ phân giải với dữ liệu MODIS NDVI và tính trung bình 12 tháng để có được chuỗi thời gian của giá trị trung bình hàng năm. Đối với MODIS NDVI, dữ liệu được sử dụng là MOD13A3 (tại <http://lpdaac2.usgs.gov/modis/mod13a2v4.asp>) V6 hàng tháng ở độ phân giải 1 km [10]. Dữ liệu này cũng được tính trung bình cho từng năm.

Hai bộ dữ liệu trên được dùng để phân tích xu hướng thời gian về năng suất sinh khối cho từng pixel. Xu hướng được tính toán thông qua hệ số độ dốc có ý nghĩa (A) trong phương trình tuyến tính $NDVI = A \times năm + B$, trong đó A và B là các hằng số, $năm$ là số của năm từ 2001 đến 2015. Độ dốc A được xem xét ở mức ý nghĩa $p < 0,1$. Hai đánh giá sẽ được thực hiện, gồm (1) đánh giá diện tích chồng lấn giữa xu hướng của AVHRR NDVI và MODIS NDVI cho các nước vùng nghiên cứu, và (2) tính toán tương quan thời gian

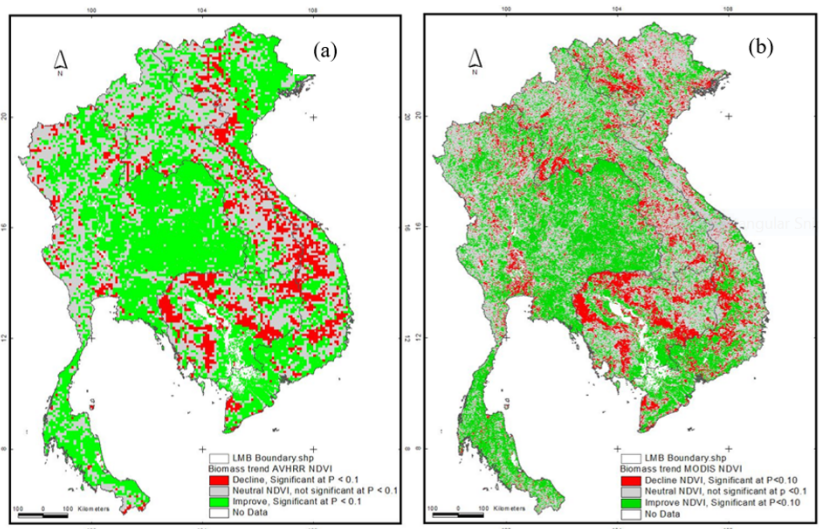
giữa trung bình năm của AVHRR NDVI và MODIS NDVI cho từng pixel trong cùng giai đoạn (2001-2015).

Để tách biệt các khu vực suy giảm năng suất sinh khối gây ra bởi con người, nghiên cứu này sử dụng phương pháp: phân tích theo xu hướng tương quan (Trend-Corelation) [3]. Phương pháp này xem xét mối quan hệ thời gian giữa các yếu tố khí hậu (thông qua lượng mưa) và năng suất sinh khối (thông qua NDVI). Với phương pháp này, các vùng có suy giảm NDVI đáng kể và có tương quan thuận giữa NDVI và lượng mưa có ý nghĩa (tức là hệ số tương quan $R \geq 0,5$ và có ý nghĩa thống kê ở $p < 0,05$) được xem là vùng suy giảm năng suất sinh khối gây ra bởi con người. Dữ liệu chuỗi thời gian lượng mưa trong cùng giai đoạn (2001-2015) được trích xuất từ bộ dữ liệu Climate Hazards Group InfraRed Precipitation with Station data (CHIRPS) (<http://chg.geog.ucsb.edu/data/chirps/>) version 2.0 với độ phân giải không gian là $0,05^\circ$ giai đoạn 1981-2016 [11]. Để phù hợp với độ phân giải không gian của dữ liệu AVHRR và MODIS NDVI phục vụ các phân tích sau này, các ô lưới (pixel) của dữ liệu lượng mưa được chuyển từ độ phân giải $0,5^\circ$ sang 1km qua thuật toán nearest neighborhood trong phần mềm Arcview. Kết quả về suy giảm năng suất sinh khối gây ra bởi con người từ hai bộ dữ liệu sẽ được đánh giá qua sự phân bố không gian và diện tích.

3. Kết quả và thảo luận

3.1. Xu hướng dài hạn về năng suất sinh khối của AVHRR NDVI và MODIS NDVI

Xu hướng tăng lên hoặc giảm đi của NDVI ở mức ý nghĩa $p < 0,1$ thể hiện ở Hình 1.

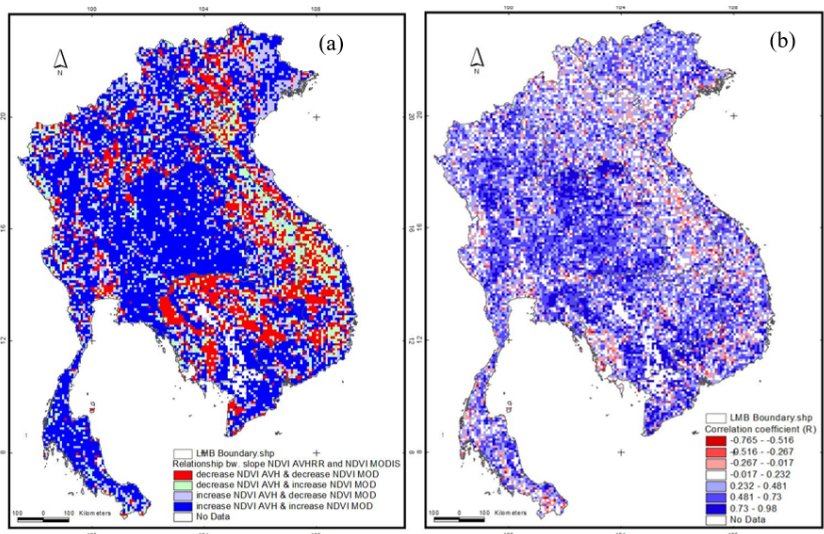


Hình 1. Xu hướng năng suất sinh khối của (a) dữ liệu AVHRR và (b) dữ liệu MODIS trong trong giai đoạn 2001-2015.

(Bản đồ chỉ thể hiện phần đất liền. Để xem bản đồ thể hiện màu, vui lòng liên hệ trực tiếp với tác giả)

Các khu vực cải thiện đáng kể năng suất sinh khối chiếm khoảng 48% (596.484 km²) và 37% (457.464 km²) tổng diện tích đất 4 nước vùng nghiên cứu tương ứng với hai bộ dữ liệu AVHRR NDVI và MODIS NDVI. Như vậy, diện tích vùng cải thiện năng suất sinh khối có được từ hai bộ dữ liệu là tương đối đồng nhất. Về mặt không gian, các vùng cải thiện năng suất sinh khối được tìm thấy nhiều ở Thái Lan, vùng đồng bằng phía Nam Việt Nam và phía Nam Campuchia, vùng đồng bằng Bắc Bộ và Đông Bắc Việt Nam (màu xanh lam ở Hình 1a và 1b. Vui lòng liên hệ với tác giả để xem bản đồ màu). Đây là những vùng đồng bằng, chủ yếu trồng lúa và cây hàng năm. Sản xuất nông nghiệp tại các vùng này gia tăng mạnh mẽ bắt đầu từ những năm 80 có thể là một trong những nguyên nhân chính làm cho năng suất sinh khối tăng lên sau hơn 30 năm.

Diện tích suy giảm năng suất sinh khối không có sự khác biệt nhiều giữa hai bộ dữ liệu. Với AVHRR NDVI, có khoảng 13% (tương đương 161.364 km²) đất vùng nghiên cứu đã trải qua việc suy giảm sinh khối trong 15 năm qua, trong khi với MODIS NDVI, con số là khoảng 14% (173.460 km²). Bản đồ Hình 1a và 1b cho thấy vùng phân bố của suy giảm năng suất sinh khối từ hai bộ dữ liệu cũng khá tương đồng, chủ yếu được tìm thấy tại các khu vực rừng nằm tại vùng ranh giới giữa Việt Nam, Lào và Campuchia, vùng phía Bắc và khá nhiều vùng thuộc Campuchia (màu đỏ ở Hình 1). Nguyên nhân làm suy giảm năng suất sinh khối có thể do nạn phá rừng lấy gỗ và lấy đất cho sự phát triển của nông nghiệp trên các sườn đồi và núi dốc. Tại Campuchia, suy giảm năng suất sinh khối diễn ra mạnh có thể do do việc mất rừng nhanh chóng từ đầu những năm 2000 đến nay [12]. Trong một báo cáo gần đây của WWF [13], Campuchia, Việt Nam, Lào và Thái Lan là những nước có tỉ lệ mất rừng cao nhất thế giới.



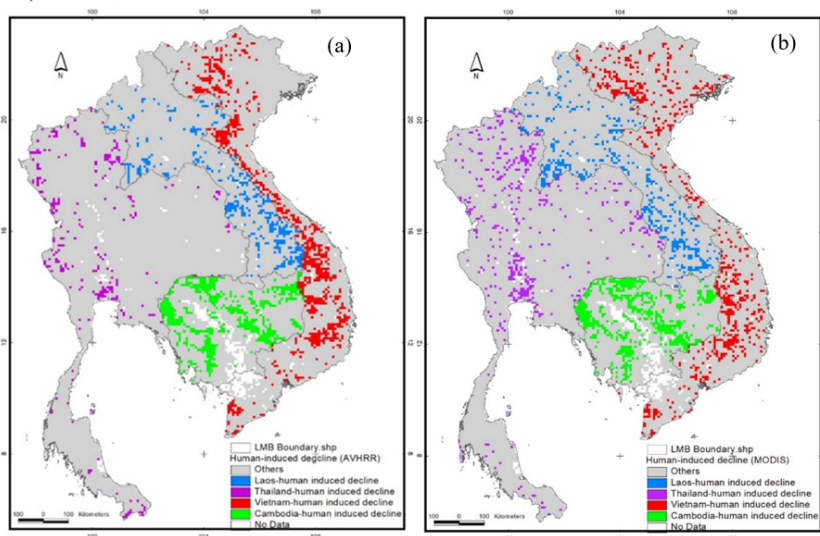
Hình 2. (a) Chồng lán về xu hướng năng suất sinh khối giữa hai bộ dữ liệu và (b) Hệ số tương quan Person giữa trung bình năm của hai bộ dữ liệu giai đoạn 2001-2015. (Bản đồ chỉ thể hiện phần đất liền. Để xem bản đồ thể hiện màu, vui lòng liên hệ trực tiếp với tác giả)

Bản đồ Hình 2a thể hiện sự chồng lấn về xu hướng năng suất sinh khối giữa hai bộ dữ liệu. Kết quả tính diện tích chồng lấn cho thấy diện tích cùng giảm của xu hướng năng suất sinh khối giữa hai bộ dữ liệu là 16%, trong khi diện tích cùng tăng là 54%. Như vậy, tỉ lệ diện tích cùng tăng và giảm giữa hai bộ dữ liệu là 70%. Hệ số tương quan R giữa hai bộ dữ liệu (Hình 2b) cũng cho thấy hai bộ dữ liệu có tương quan thuận với nhau ($R \geq 0$) khoảng 89%, trong khi tương quan nghịch chỉ có khoảng 11%. Kết quả tính toán cũng cho thấy có khoảng 40% diện tích của hai bộ dữ liệu có tương quan thuận với nhau ở mức tương đối chặt ($R \geq 0,5$, các pixel có màu xanh đậm ở Hình 2b).

Như vậy có thể thấy bộ dữ liệu MODIS NDVI khá đồng nhất về cả mặt không gian và thời gian với bộ dữ liệu AVHRR NDVI. Kết quả này cũng tương tự như các kết quả đã tìm được trong nghiên cứu của Tucker et al. [14]. Nghiên cứu của Gallo et al. [15] cũng chỉ ra rằng có sự tương quan chặt chẽ ($R > 0,9$) khi so sánh AVHRR và MODIS NDVI cho các kiểu thực vật khác nhau.

3.2. Suy giảm năng suất sinh khối gây ra bởi con người của hai bộ dữ liệu

Sử dụng phương pháp Trend-Correlation đã xác định được các khu vực suy thoái năng suất sinh khối gây ra bởi khí hậu, từ đó tách biệt các khu vực suy thoái đất đai do con người gây ra (Hình 3).

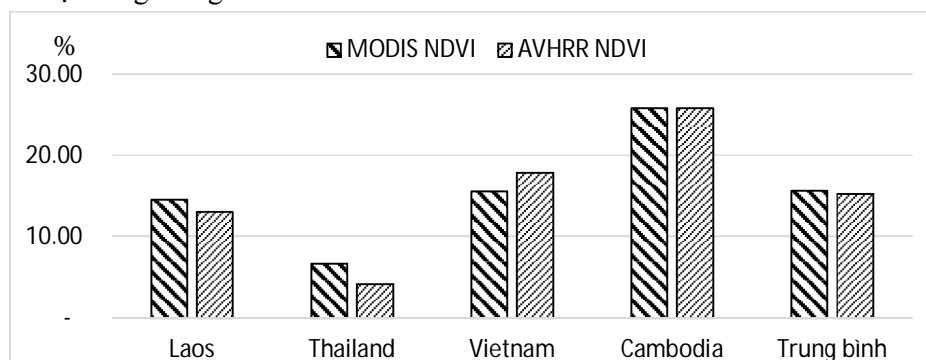


Hình 3. So sánh các khu vực suy giảm năng suất sinh khối do con người xác định từ (a) dữ liệu NDVI AVHRR và (b) dữ liệu NDVI MODIS chia theo các nước vùng nghiên cứu.

(Bản đồ chỉ thể hiện phần đất liền. Để xem bản đồ thể hiện màu, vui lòng liên hệ trực tiếp với tác giả)

Kết quả cho thấy tại Campuchia, hai bộ dữ liệu cho kết quả gần như giống nhau về tỉ lệ suy giảm năng suất sinh khối theo tổng diện tích do nguyên nhân con người (Hình 4). Phân bố không gian của các vùng suy giảm (pixel màu xanh lục, Hình 3) cũng tương đối đồng nhất. Tại Lào, hai bộ dữ liệu cũng không chênh lệch nhiều về diện tích, nhưng phân bố không gian của vùng suy giảm (pixel màu xanh lam, Hình 3) của MODIS NDVI tập

trung nhiều hơn ở phía Nam so với AVHRR NDVI. Trong khi với Thái Lan, tỉ lệ suy giảm năng suất sinh khối do nguyên nhân con người từ bộ dữ liệu AVHRR cao hơn từ MODIS thì tại Việt Nam, kết quả ngược lại (Hình 4). Tuy nhiên, nếu tính chung cho cả khu vực nghiên cứu gồm 4 nước hạ lưu sông Mekong, tỉ lệ trung bình suy giảm năng suất sinh khối do nguyên nhân con người từ hai bộ dữ liệu gần như không khác nhau. Phân bố không gian của vùng suy thoái từ bộ dữ liệu AVHRR xuất hiện nhiều hơn tại vùng đồi núi cao giáp ranh với Lào và Campuchia, trong khi với bộ dữ liệu MODIS, vùng suy thoái xuất hiện nhiều hơn tại vùng Đông Bắc.



Hình 4. So sánh tỉ lệ suy giảm năng suất sinh khối do con người theo tổng diện tích từng nước của hai bộ dữ liệu

4. Kết luận

Xu hướng của dữ liệu NDVI trong 15 năm liên tục (2001-2015) từ hai nguồn dữ liệu miễn phí (AVHRR NDVI và MODIS NDVI) đã được sử dụng như một đại diện cho việc đánh giá sự suy giảm hoặc cải thiện năng suất sinh khối cho các nước vùng hạ lưu sông Mekong. Diện tích cải thiện và suy giảm năng suất sinh khối giữa hai bộ số liệu không có nhiều khác biệt, và vùng phân bố không gian của xu hướng năng suất sinh khối của hai bộ số liệu cũng tương đối đồng nhất. So sánh tương quan cũng chỉ ra hai bộ dữ liệu có tương quan với nhau khá mạnh. Dữ liệu lượng mưa (CHIRPS) được sử dụng để tách biệt suy giảm năng suất sinh khối do nguyên nhân con người với nguyên nhân khí hậu. Sự suy giảm năng suất sinh khối do nguyên nhân con người từ hai bộ dữ liệu cũng gần như không khác nhau. Như vậy, dữ liệu MODIS NDVI với thời gian theo dõi ngắn hơn nhưng độ phân giải không gian chi tiết hơn có thể được sử dụng như một nguồn dữ liệu NDVI bổ trợ cho nguồn dữ liệu AVHRR NDVI hiện có.

- ❖ **Tuyên bố về quyền lợi:** Các tác giả xác nhận hoàn toàn không có xung đột về quyền lợi.
- ❖ **Lời cảm ơn:** Chúng tôi xin trân trọng cảm ơn Chương trình Quan hệ Đối tác nhằm Thúc đẩy Tham gia Nghiên cứu (PEER) của USAID đã tài trợ cho nghiên cứu này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] L. Zhou, C. J. Tucker, R. K. Kaufmann, D. Slayback, N. V. Shabanov, and R. B. Myneni, "Variations in northern vegetation activity inferred from satellite data of vegetation index during 1981 to 1999," *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, vol. 106, pp. 20069-20083, 2001.
- [2] G. T. Yengoh, D. Dent, L. Olsson, A. E. Tengberg, and C. J. Tucker, *Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales : current status, future trends, and practical considerations*: Springer International Publishing, 2015.
- [3] P. L. G. Vlek, Q. B. Le, and L. Tamene, "Assessment of land degradation, its possible causes and threat to food security in sub-Saharan Africa," in *Food Security and Soil Quality*, R. a. S. Lal, B.A., Ed., ed: Taylor and Francis, 2010, p. 430.
- [4] Q. M. Vu, Q. B. Le, and P. L. G. Vlek, "Hotspots of human-induced biomass productivity decline and their social–ecological types toward supporting national policy and local studies on combating land degradation," *Global and Planetary Change*, vol. 121, pp. 64-77, 2014.
- [5] M. Zhao and S. W. Running, "Drought-induced reduction in global terrestrial Net Primary Production from 2000 through 2009," *Science*, vol. 329, pp. 940-943, 2010.
- [6] R. Fensholt, T. Langanke, K. Rasmussen, A. Reenberg, S. D. Prince, C. Tucker, et al., "Greenness in semi-arid areas across the globe 1981–2007 – an Earth Observing Satellite based analysis of trends and drivers," *Remote Sensing of Environment*, vol. 121, pp. 144-158, 2012.
- [7] F. Bédard, S. Crump, and J. Gaudreau, "A comparison between Terra MODIS and NOAA AVHRR NDVI satellite image composites for the monitoring of natural grassland conditions in Alberta, Canada," *Canadian Journal of Remote Sensing*, vol. 32, pp. 44-50, 2006.
- [8] R. Fensholt, K. Rasmussen, T. T. Nielsen, and C. Mbow, "Evaluation of earth observation based long term vegetation trends – Intercomparing NDVI time series trend analysis consistency of Sahel from AVHRR GIMMS, Terra MODIS and SPOT VGT data," *Remote Sensing of Environment*, vol. 113, pp. 1886-1898, 2009.
- [9] E. J. Pinzon and J. C. Tucker, "A Non-Stationary 1981–2012 AVHRR NDVI3g Time Series," *Remote Sensing*, vol. 6, 2014.
- [10] K. Didan, "MOD13A3 MODIS/Terra vegetation Indices Monthly L3 Global 1km SIN Grid V006," *NASA EOSDIS Land Processes DAAC*, 2015.
- [11] C. Funk, P. Peterson, M. Landsfeld, D. Pedreros, J. Verdin, S. Shukla, et al., "The climate hazards infrared precipitation with stations—a new environmental record for monitoring extremes," *Scientific Data*, vol. 2, p. 150066, 12/08/online 2015.
- [12] K. F. Davis, K. Yu, M. C. Rulli, L. Pichdara, and P. D'Odorico, "Accelerated deforestation driven by large-scale land acquisitions in Cambodia," *Nature Geoscience*, vol. 8, p. 772, 09/21/online 2015.
- [13] WWF, "Pulse of the Forest," *World Wildlife Fund*, 2018.
- [14] C. J. Tucker, J. E. Pinzon, M. E. Brown, D. A. Slayback, E. W. Pak, R. Mahoney, et al., "An extended AVHRR 8km NDVI dataset compatible with MODIS and SPOT vegetation NDVI data," *International Journal of Remote Sensing*, vol. 26, pp. 4485-4498, 2005.
- [15] K. Gallo, L. Ji, B. Reed, J. Eidenshink, and J. Dwyer, "Multi-platform comparisons of MODIS and AVHRR normalized difference vegetation index data," *Remote Sensing of Environment*, vol. 99, pp. 221-231, 2005.