

1. Đặt vấn đề

Thoái hóa đất đai là vấn đề toàn cầu quan trọng của thế kỷ 21 bởi vì tác động có hại của nó đến khả năng sản xuất nông nghiệp, môi trường và ảnh hưởng của nó đến an ninh lương thực và chất lượng cuộc sống. Thoái hóa đất đai tác động đến khả năng sản xuất do sự suy giảm của chất lượng đất diễn ra ở nơi sự thoái hóa xuất hiện (ví dụ xói mòn) và mất đi ở nơi phù sa được bồi tụ. Khả năng sản xuất của một số đất đai đã bị giảm khoảng 50% do xói mòn đất và sa mạc hóa.

Theo IPBES (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services - Diễn đàn chính sách khoa học liên chính phủ về đa dạng sinh học và dịch vụ hệ sinh thái, 2018) gần đây đã đưa ra một đánh giá toàn diện về thoái hóa đất, tuyên bố đây là một hiện tượng phổ biến và có hệ thống, xảy ra ở tất cả các phần của bề mặt đất thế giới. Do đó, thoái hóa đất ảnh hưởng đến người dân là rất lớn. 1,3 tỷ người sống trên đất nông nghiệp đang diễn ra thoái hóa (UNCCD 2017b) và thoái hóa đất ảnh hưởng tiêu cực đến phúc lợi của ít nhất 3,2 tỷ người trên toàn cầu (IPBES 2018). Các quá trình thoái hóa đất như phá rừng hoặc xói mòn đất cũng góp phần vào biến đổi khí hậu (IPBES 2018), với 25% lượng khí thải nhà kính do con người gây ra do Nông nghiệp, Lâm nghiệp và Sử dụng Đất khác (IPCC 2014). Ngoài ra, thoái hóa đất làm giảm khả năng thích ứng của các xã hội và hệ sinh thái để đối phó với các tác động của biến đổi khí hậu (IPBES 2018). Thoái hóa đất cũng có thể làm tăng mất an ninh lương thực, bằng cách giảm sản xuất và tăng sự không chắc chắn, do đó dẫn đến giá lương thực cao hơn (Davies 2016). Theo ELD (Economics of Land Degradation, 2015) ước tính chi phí cho các dịch vụ hệ sinh thái bị mất cho thoái hóa đất là từ 6,3 đến 10,6 nghìn tỷ USD mỗi năm, tương đương 10-17% GDP toàn cầu.

Đánh giá thoái hóa đất trên phạm vi toàn cầu không phải là nhiệm vụ dễ dàng và nhiều phương pháp đã được sử dụng (Lal và cộng sự, 1997). Vì vậy, số liệu được đưa ra bởi các phương pháp khác nhau không thể so sánh với nhau. Hơn nữa, hầu hết các số liệu thống kê nói đến các rủi ro của thoái hóa hoặc sa mạc hóa (dựa trên cơ sở các yếu tố khí hậu và sử dụng đất đai) hơn là tình trạng thực tế (hiện tại) của đất đai. Thoái hóa đất thực tế có thể không xuất hiện do sử dụng đất đai đúng và các công nghệ quản lý đất đai được nâng cao. Việc so sánh các số liệu dựa trên các ước tính khác nhau cho thấy sự biến động rất rộng do các phương pháp và tiêu chuẩn khác nhau được sử dụng và làm nổi bật tầm quan trọng của việc sử dụng các tiêu chuẩn thống nhất và chuẩn hóa các phương pháp đánh giá thoái hóa đất đai.

Các phương pháp phổ biến nhất được sử dụng để đánh giá thoái hóa đất là: ý kiến chuyên gia, ý kiến của người sử dụng đất, giám sát hiện trường, quan sát và đo lường, mô hình hóa, ước lượng thay đổi năng suất và viễn thám. Các phương pháp đã được áp dụng cho các cách tiếp cận khác nhau sử dụng hoặc các biện pháp định tính hoặc định lượng hoặc cả hai. Bảng 1.1 tóm tắt các hệ thống được đánh giá; phương pháp đánh giá được sử dụng; các yếu tố / quy trình / và các thông số của đất đang được đánh giá; và các đơn vị hoặc giá trị trong đó các phép đo được đưa ra cho các đánh giá khác nhau về suy thoái đất ở các cấp độ khác nhau. Thông tin chi tiết được xác định ở cấp độ toàn cầu, quốc gia, khu vực, địa phương và cánh đồng / trang trại. Dưới đây là bản tóm tắt các phương pháp đánh giá khác nhau được sử dụng để đánh giá quá trình suy thoái đất trong các hệ thống khác nhau ở các cấp độ khác nhau.

Bảng 1. Tóm tắt hệ thống đất đai; phương pháp đánh giá sử dụng; tiêu chí được đánh giá và đơn vị / giá trị ở các cấp độ khác nhau

Đơn vị / Hệ thống đánh giá	Phương pháp sử dụng	Tiêu chí được đánh giá	Đơn vị/Giá trị
Cấp độ toàn cầu			
Phân tích lớp phủ hoàn toàn Lớp phủ một phần (đất/đồng cỏ cây bụi/đất nông nghiệp/vùng đất khô,...)	Ý kiến chuyên gia (ví dụ: các chỉ số, bảng câu hỏi,...) Viễn thám và GIS (ví dụ: bản đồ)	Thoái hoá đất đai/ đất: (tính nghiêm trọng, mức độ, qui mô) Đất (xói mòn, độ phì, năng suất, ...) Thay đổi thảm thực vật Mất đa dạng sinh học	% Hạng (1,2,3,4,5 – từ nhẹ đến rất nghiêm trọng / từ rất tốt đến rất kém, ...), t / ha / năm
Cấp khu vực			
Đất khô hạn, đồng cỏ cây bụi, đồng cỏ, rừng, sa mạc, ..., Đất, Hệ thống sông,...	Ý kiến chuyên gia (ví dụ: các chỉ số, bảng câu hỏi, phỏng vấn, nhóm tập trung, v.v.) Viễn thám và GIS (ví dụ: NDVI, MODIS, v.v.) Mô hình hóa (ví dụ: mô hình xói mòn CORINE, PESERA, v.v.) (chủ yếu cho đất trồng trọt) Giám sát và đo đạc tại hiện trường (các phép đo để xác minh mô hình) - khu vực thí điểm Giám sát hệ thống lưới (EU)	Thoái hoá đất đai/ đất: - Tính nghiêm trọng, mức độ, qui mô, ảnh hưởng, nguyên nhân và các rủi ro. - Đất (xói mòn, độ phì, năng suất, v.v.) Thay đổi thảm thực vật Độ che phủ đất Sử dụng đất Độ dốc Khí hậu (lượng mưa, nhiệt độ) cho mô hình Mất đa dạng sinh học Chức năng cảnh quan / hệ sinh thái	% Hạng (1,2,3,4,5 – từ nhẹ đến rất nghiêm trọng / từ rất tốt đến rất kém, ...), t / ha / năm
Cấp quốc gia			
Đất đai (đất nông nghiệp, đồng cỏ, rừng, khu vực bảo tồn, sa mạc, v.v.), Đất, Sông, Hệ thống đồng cỏ cây bụi	Ý kiến chuyên gia (ví dụ: các chỉ số, bảng câu hỏi, phỏng vấn, nhóm tập trung v.v.) Ý kiến của người sử dụng đất (ví dụ: các chỉ số, v.v.) Viễn thám và GIS (ví dụ: NDVI, MODIS, MSDI, v.v.) Mô hình hóa (ví dụ: mô hình CORINE, PESERA, v.v.) Giám sát và đo đạc tại hiện trường (các phép đo để xác minh mô hình) - khu vực thí điểm	Thoái hoá đất đai/ đất: - Tính nghiêm trọng, mức độ, qui mô, ảnh hưởng, nguyên nhân và rủi ro. - Đất (xói mòn, độ phì, năng suất, v.v.) Thay đổi thảm thực vật Độ che phủ đất Mất đa dạng sinh học Sử dụng đất Tình hình sinh trưởng/ tình trạng của đồng cỏ cây bụi, Khí hậu (lượng mưa, nhiệt độ), ...	% Hạng (1,2,3,4,5 từ nhẹ đến rất nghiêm trọng; từ rất tốt đến rất kém, ...), t / ha / năm, Tần suất các chỉ số
Cấp địa phương và Cảnh đồng / Trang trại			

Đất đai (đất trồng trọt, đồng cỏ, rừng, khu vực bảo tồn, sa mạc, v.v.), Đất, Sông, Đồng cỏ cây bụi, ...	Ý kiến chuyên gia (ví dụ: các chỉ số, bảng câu hỏi, phỏng vấn, nhóm tập trung, ...) Ý kiến của người sử dụng đất (ví dụ: các chỉ số, ...) Viễn thám và GIS (ví dụ: NDVI, MODIS, MSDI ...) Mô hình hóa (ví dụ: các mô hình USLE / RUSLE, CORINE, PESERA, ...) Giám sát và đo đạc thực địa (xác minh mô hình) – các ô thí nghiệm Ước tính thay đổi năng suất	Thoái hoá đất / đất: - Tính nghiêm trọng, mức độ, qui mô, ảnh hưởng, nguyên nhân và rủi ro; - Xói mòn đất (khối lượng cặn lắng) Tình hình sinh trưởng / tình trạng của đồng cỏ cây bụi Tình trạng đất (chất lượng, độ mặn, độ bền, độ phì, v.v.), Năng suất và sự thích hợp của cây trồng, Chức năng cảnh quan / hệ sinh thái, Độ che phủ đất, Mất đa dạng sinh học, Sử dụng đất, Khí hậu (lượng mưa, nhiệt độ), ...	% Hạng (1,2,3,4,5 từ nhẹ đến rất nghiêm trọng; từ rất tốt đến rất kém, ...), t / ha / năm, Tần suất các chỉ số
--	---	--	---

2. Đánh giá thoái hoá đất và xói mòn (*Assessment of soil degradation and erosion*)

Đánh giá thoái hoá đất là rất quan trọng để xác định các hậu quả có thể có và các biện pháp quản lý tiềm năng bằng cách trước hết tìm ra nguyên nhân, mức độ, tình trạng và loại xói mòn trong khu vực. Phương pháp dự đoán xói mòn đất đã được phát triển từ đầu những năm 1930 (Ballayan, 2000).

a. Phương pháp đánh giá thoái hoá đất toàn cầu do con người gây ra (Global Assessment of Human-Induced Soil Degradation Method - GLASOD)

Mục đích của GLASOD là cung cấp thông tin thực tế, thay thế các tuyên bố sâu rộng về thoái hoá đất và đất, và nâng cao nhận thức của các nhà hoạch định chính sách và chính phủ về nhu cầu tiếp tục bảo vệ đất (Bridges và Oldeman, 1999). GLASOD là phương pháp duy nhất đã được áp dụng trên phạm vi toàn thế giới. Nó dựa trên các câu trả lời cho một bảng câu hỏi được gửi đến các chuyên gia được công nhận ở các nước trên thế giới.

Khảo sát của GLASOD cung cấp dữ liệu cơ bản về phân bố trên thế giới và cường độ của các loại thoái hoá: xói mòn, thoái hoá hóa học và thoái hoá vật lý (Bridges và Oldeman, 1999). Bản đồ của nó xác định các khu vực có mức độ nghiêm trọng tương tự về rủi ro xói mòn, không kể các điều kiện sẽ tạo ra sự xói mòn như vậy (Oldeman và cộng sự, 1990). Oldeman và cộng sự (1991) đã phát triển một phân loại dựa trên các loại thoái hoá đất, mức độ thoái hoá và các yếu tố nguyên nhân trong thoái hoá đất, cũng như định nghĩa của các phân loại.

Các kết quả khảo sát GLASOD cho phép so sánh được rút ra giữa các loại đất bị thoái hoá của các lục địa khác nhau, và phương pháp được sử dụng có thể là cơ sở để dựa vào đó đưa ra các kế hoạch phục hồi các vùng đất bị thoái hoá. Tuy nhiên, nghiên cứu không bao gồm bất kỳ phép đo viễn thám hoặc đo thực địa nào; nó chỉ dựa trên ý kiến của các chuyên gia. Các câu hỏi đã được gửi đến các chuyên gia trên khắp thế giới nhưng một số câu đã không được trả lời và một số chỉ trả lời một phần. Kết quả từ các loại nghiên cứu như vậy rất khó sử dụng để so sánh các khu vực (Jones và cộng sự, 2003).

b. Đánh giá tình trạng thoái hoá đất do con người gây ra (Assessment of the Status of Human-Induced Soil Degradation - ASSOD)

ASSOD là một hoạt động tiếp theo của GLASOD ở Nam và Đông Nam Á (ISRIC). Phương pháp tương tự được thay đổi chút ít đã được sử dụng trên tỷ lệ chi tiết hơn (1:5.000.000). Nghiên cứu này cung cấp dữ liệu cho 17 quốc gia và bao gồm dữ liệu về một số loại thoái hoá gồm xói mòn do nước và gió và các loại phụ của chúng (ví dụ như mất lớp đất mặt và biến dạng địa hình, tính bằng triệu triệu ha) và các loại phụ ưu thế của thoái hoá hóa học (bao gồm cả sự nhiễm mặn).

Trong nghiên cứu ASSOD, mức độ thoái hoá của đất được biểu thị bằng các loại phụ của thoái hoá sử dụng các thuật ngữ định tính như tác động đến năng suất (tác động không đáng kể, nhẹ, trung bình, mạnh hoặc cực mạnh). Phân loại dựa trên ước tính của những thay đổi về năng suất và cũng xem xét mức độ quản lý. Những thay đổi về năng suất được thể hiện dưới dạng tương đối, tức là năng suất trung bình hiện tại so với năng suất trung bình trong tình trạng không bị thoái hoá (hoặc không được cải thiện, ở nơi thích hợp) và liên quan đến đầu vào (ISRIC). So với GLASOD, nghiên cứu ASSOD chi tiết hơn và do đó cũng chính xác hơn.

c. Phương pháp được chuẩn hóa để đánh giá thoái hoá đất và bảo vệ đất: Khái quát về phương pháp tiếp cận bảo vệ và công nghệ trên thế giới (World Overview of Conservation Approaches and Technologies - WOCAT)

Chương trình WOCAT đã phát triển một bộ công cụ được chuẩn hóa để ghi chép, giám sát và đánh giá kỹ thuật bảo vệ đất và nước (SWC - soil and water conservation) trên toàn thế giới và để phổ biến kiến thức này trên toàn cầu để tạo điều kiện trao đổi kinh nghiệm và ra quyết định và lập kế hoạch tốt hơn (van Lynden và cộng sự, 2002). Van Lynden và cộng sự đã thảo luận về phương pháp lập bản đồ thoái hoá và bảo vệ đất, và sử dụng nó để đưa ra quyết định tốt hơn. Bài viết này cung cấp hướng dẫn tốt về các hoạt động và thông số được sử dụng để đánh giá.

Van Lynden và cộng sự giải thích rằng một bộ ba câu hỏi toàn diện và cơ sở dữ liệu tương ứng đã được phát triển để ghi lại tất cả các khía cạnh liên quan của các công nghệ và phương pháp tiếp cận SWC, và lập bản đồ về phạm vi khu vực của chúng. Việc thu thập thông tin về các công nghệ và phương pháp tiếp cận SWC tập trung vào các nghiên cứu điển hình mô tả công nghệ và môi trường tự nhiên và con người của nó, nơi nó được sử dụng và phương pháp nào được sử dụng để thực hiện. Bảng câu hỏi và cơ sở dữ liệu trên bản đồ SWC nhằm mục đích cung cấp một cái nhìn tổng quan về không gian về thoái hoá và bảo vệ đất.

Hơn nữa, van Lynden và cộng sự mô tả rằng phương pháp lập bản đồ bao gồm đánh giá sử dụng đất, thoái hoá đất, công nghệ SWC và các khía cạnh năng suất của đất. Dữ liệu được thu thập thông qua phương pháp Đánh giá có sự tham gia của chuyên gia, bao gồm cả kiến thức chuyên gia và tài liệu hiện có và dữ liệu phản ánh tình trạng kiến thức hiện tại. Lý tưởng nhất là một số chuyên gia biết tình trạng của đất ngồi với nhau và điền dữ liệu trong một quá trình đàm phán và thảo luận các tài liệu hiện có. Bằng cách sử dụng bản đồ cơ sở ở quốc gia hoặc khu vực, thông tin về sử dụng đất, thoái hoá đất, bảo vệ đất và nước, và các vấn đề năng suất cần phải được đưa vào bảng ma trận.

Phương pháp bản đồ bao gồm một công cụ bản đồ tương tác để nhập dữ liệu và xem bản đồ. Các bản đồ kết quả giúp các nhà hoạch định, điều phối viên và người ra quyết định đưa ra các kế hoạch phù hợp và đặt ưu tiên cho các khoản đầu tư trong tương lai. Họ cũng giúp xác định lỗ hổng kiến thức và ưu tiên nghiên cứu (van Lynden và cộng sự). Phần quan trọng là nó có thể được áp dụng ở các quy mô khác nhau, từ cấp địa phương, quốc gia và khu vực đến cấp độ toàn cầu.

d. Phương pháp tiếp cận phân loại (Classification Approach)

Arnalds và cộng sự (2001) đã mô tả dự án và các phương pháp được phát triển để lập bản đồ xói mòn đất ở Iceland. Dự án cung cấp một cuộc khảo sát toàn diện về xói mòn đất ở Iceland. Các phương pháp lập bản đồ xói mòn đất được phát triển bởi Viện nghiên cứu nông nghiệp (RALA) và Dịch vụ bảo tồn đất (LR) và một phần dựa trên các phương pháp được sử dụng để xác định tình trạng của đất ở New Zealand và New South Wales ở Úc (Arnalds và cộng sự, 2001).

Phương pháp này được gọi là phương pháp phân loại RALA / LR để lập bản đồ xói mòn đất. Các phương pháp được phát triển có bốn đặc điểm chính: 1) Phân loại xói mòn theo các hình thức xói mòn; 2) Áp dụng thang đo tiêu chuẩn để đánh giá mức độ nghiêm trọng của xói mòn đất; 3) Sử dụng hình ảnh vệ tinh làm bản đồ cơ bản và làm trợ giúp cho việc lập bản đồ hiện trường; và 4) Sử dụng hệ thống thông tin địa lý (GIS). Quy mô xói mòn mở rộng phản ánh sự công nhận đất vừa là một nguồn tài nguyên sống là một phần của hệ sinh thái vừa là một yếu tố trong sử dụng bền vững hệ sinh thái (Arnalds và cộng sự, 2001). Tốc độ xói mòn sử dụng 6 cấp (cấp 0 đối với không xói mòn đến cấp 5 đối với xói mòn cực kỳ nghiêm trọng). Theo kết quả của dự án, một bản đồ xói mòn đất cho toàn bộ Iceland đã được xây dựng với tỷ lệ 1: 100.000.

Phương pháp phân loại Kiểm kê tài nguyên đất New Zealand (NZLRI) dựa trên cơ sở xây dựng bản đồ các dạng xói mòn và xác định mức độ nghiêm trọng. Trước đây, phương pháp New Zealand được xây dựng dựa trên lập bản đồ số lượng đất đã bị mất, như trong một số loại xói mòn. Phương pháp NZLRI có năm yếu tố tự nhiên, dựa vào đó thực hiện việc đánh giá khả năng sử dụng đất đai: đá, đất, độ dốc, xói mòn và thảm thực vật (Graham và cộng sự, 1989; Landcare Research, 1996-2008). Các đánh giá sử dụng phân loại và thang đo để đo lường các yếu tố. Ví dụ, có bảy cấp độ dốc khác nhau từ A đến G, G là đất có độ dốc > 35° và sự xói mòn được vẽ lên bản đồ 14 loại xói mòn cùng với mức độ nghiêm trọng đánh giá theo thang điểm từ 0 đến 5.

Các nhà khoa học tại Landcare Research ở New Zealand nâng cấp thành phần thực vật của NZLRI bằng các ảnh vệ tinh để xác định những thay đổi đã xảy ra trong 20 năm qua hoặc lâu hơn (Landcare Research, 1996-2008). Ngoài mã kiểm kê, phương pháp này cũng xem xét đánh giá Khả năng sử dụng đất (LUC) cho từng đơn vị bản đồ (Graham và cộng sự, 1989). Mục đích là để đánh giá khả năng sử dụng sản xuất bền vững có tính đến các hạn chế về điều kiện tự nhiên, nhu cầu bảo vệ và yêu cầu quản lý đất.

Trong nghiên cứu được thực hiện bởi Berry và cộng sự (2003) ở Chile, để đánh giá quy mô, chi phí và tác động của thoái hoá đất đai, xói mòn đất được đánh giá ở thực địa theo các quy định chuyên môn, sử dụng 5 cấp (tình trạng xói mòn) (Bảng 2).

Bảng 2. Phân loại tình trạng xói mòn ở Chile (Berry và cộng sự, 2003)

Khái niệm	Mô tả	Giá trị
Rất nhẹ	Dấu hiệu xói mòn rất nhẹ, quá trình này mới bắt đầu và không rõ ràng, một số căn lảng được quan sát thấy ở những chỗ thấp mà ở đó nước mưa tích tụ.	1
Nhẹ	Xói mòn nhẹ, dấu hiệu bắt đầu được nhìn thấy. Sự di chuyển của vật liệu mịn có thể nhìn thấy để lại vật liệu thô hơn lộ ra ngoài (sỏi, đá nhỏ), nước chảy tràn không hoàn toàn rõ ràng.	2
Trung bình	Xói mòn trung bình, dấu hiệu di chuyển khỏi bề mặt đất của hạt đất rõ ràng. Xói mòn rõ rệt, với các vật liệu cứng lộ rõ ràng trên bề mặt. Có thể nhận thấy một vài rãnh xói.	3
Mạnh/nghiêm trọng	Xói mòn mạnh, xói mòn để lại sỏi trải rộng trên bề mặt, xói mòn rãnh nhiều và ngày càng tăng, một vài mương xói xuất hiện ở trạng thái hình thành ban đầu. Có rất ít vật liệu còn lại từ đất bề mặt ban đầu, đất đã bắt đầu thay đổi màu sắc.	4

Rất nghiêm trọng	manh/rất Xói mòn rất mạnh, tất cả các vật liệu bề mặt ban đầu đã bị di chuyển đi nơi khác tạo ra một sự thay đổi màu sắc của đất, một sự thay đổi lan rộng về thành phần cơ giới đất do tầng C lộ ra bề mặt đất. Quan sát được các mương xói hoạt động.	5
---------------------	--	---

Phòng theo Berry, Olson và Campbell (2003) ngoại trừ các khái niệm trung bình và nghiêm trọng đã được thêm vào khi được sử dụng bởi các tác giả khác.

e. Phương pháp tiếp cận chỉ số (Indicators Approach)

Ở Kenya, de Bie (2005) đã sử dụng các chỉ số cho một hệ sinh thái nông nghiệp dựa vào cây ngô để đánh giá xói mòn đất ở huyện Taita Taveta. Nghiên cứu này sử dụng các chỉ số xói mòn đất để đánh giá để theo dõi các tác động tích lũy của xói mòn trong khoảng thời gian từ làm đất đến thu hoạch. Các chỉ số là: lượng đất bị xói mòn, diện tích dòng chảy, tiền rãnh xói (pre-rills) (có thể sâu đến 3-5 cm) và các rãnh xói (rills) (có thể sâu đến 20 cm). Các chỉ số được thể hiện bằng tỷ lệ phần trăm của diện tích đất trống; độ dày tích tụ của đất trên lớp đất gốc cũng được đánh giá. Nghiên cứu thu thập dữ liệu về đất / địa hình, độ che phủ đất, cơ sở hạ tầng, quản lý đất đai và tác động của xói mòn đất.

Bảy mươi lô ngô trong 11 đơn vị bản đồ, có sự thay đổi đáng kể về độ cao, độ che phủ đất, lượng mưa và địa mạo, đã được khảo sát. De Bei báo cáo rằng sự mất đất được coi là khác nhau giữa các lô do sự khác biệt về đất bề mặt, lớp phủ đất, cơ sở hạ tầng, quản lý cây trồng, độ dốc và đơn vị bản đồ. Theo de Bei, mô hình không phải là đơn vị bản đồ cụ thể và có R2 được điều chỉnh 67%. Một mối quan hệ dạng tuyến tính logarit (log-linear) chỉ ra rằng các điều kiện tích cực kết hợp làm giảm theo hàm mũ sự xuất hiện của các đặc trưng xói mòn (các chỉ số tiền rãnh xói).

Chỉ số tiền rãnh xói liên quan chặt chẽ với các điều kiện địa điểm chịu ảnh hưởng bởi quản lý và dường như phản ánh tốt nhất các tác động tích lũy của sự mất đất theo thời gian. Hơn nữa, các rãnh xói đã được tìm thấy tại 18 địa điểm nằm trong khu vực khô hơn trên đất sét pha cát. Đối với nghiên cứu này, mô hình đã đưa ra giả thuyết là sẽ có nhiều rãnh xói hơn nếu lớp đất mặt không chứa cấp hạt bụi (limon); bụi làm cho đất có thể chịu được sự nén chặt và hình thành rãnh xói.

Ở miền nam châu Phi, Stringer và Reed (2006) đã nghiên cứu khả năng tích hợp kinh nghiệm khoa học với kiến thức bản địa với mục đích nâng cao độ chính xác, độ bao phủ và mức độ phù hợp của đánh giá thoái hoá đất. Theo phương pháp có sự tham gia, các tác giả này đã sử dụng các phương pháp theo các nguyên tắc khác nhau, để đưa ra các chỉ số thoái hoá đất tiềm năng từ các cộng đồng ở Botswana và Swaziland. Ở cả hai quốc gia, các vấn đề thoái hoá đất chính và các hệ sinh thái nông nghiệp bị ảnh hưởng đã được xác định thông qua sự kết hợp của các cuộc phỏng vấn chính, các nhóm tập trung và bảng câu hỏi. Các chỉ số tiềm năng được xác định đã thu được cả từ các tài liệu khoa học và các cá nhân tại địa phương. Chúng được đánh giá và tích hợp trong các cuộc phỏng vấn bán cấu trúc tiếp theo và các nhóm tập.

Các chỉ số thoái hoá được cộng đồng sử dụng tập trung vào các chỉ số nông nghiệp, thảm thực vật, đất, động vật hoang dã và các chỉ số côn trùng. Các cộng đồng ở Swaziland đã sử dụng nhiều chỉ số tập trung vào hệ thống đất. Các chỉ số đã được xác minh và đánh giá thực nghiệm bằng cách lấy mẫu hoặc dữ liệu sinh thái hoặc dữ liệu vệ tinh. Lập bản đồ có người tham gia, lấy mẫu thực vật và đất, và lập bản đồ sử dụng đất từ các ảnh hàng không theo chuỗi thời gian là một số hoạt động được thực hiện trong quá trình kiểm tra thực nghiệm các chỉ số và tích hợp kiến thức.

Các chỉ số này được người dân địa phương sử dụng được cho là chính xác và dễ sử dụng. Có thể thu được dữ liệu giám sát có liên quan cao với vùng cụ thể, khi cung cấp dữ liệu tương đương về quy mô vùng và / hoặc quốc gia; bằng cách chạy các chương trình đánh giá thoái hoá cục bộ sử dụng các chỉ số miền (range) đầy đủ cùng với các chỉ số ban đầu của khu vực và / hoặc quốc gia sử dụng các chỉ số được chia sẻ bởi tất cả các khu vực.

Các tác giả đã kết luận rằng cả kiến thức khoa học và bản địa đều có những hạn chế, có sự chông chéo đáng kể giữa kiến thức khoa học và bản địa về thoái hoá đất trong hầu hết các trường hợp. Theo các tác giả này, khi có sự khác biệt xảy ra, phương pháp tiếp cận có sự tham gia được tích hợp được sử dụng cho phép đạt được một lời giải thích phù hợp và quá trình tương tác này có thể dẫn đến cả việc giám sát thoái hoá đất chính xác và thích hợp.

g. Mô hình hoá xói mòn đất và che phủ đất (Modelling of Soil Erosion and Land Cover)

Đánh giá xói mòn đất cả do nước và gió đã được thực hiện bằng cách sử dụng các mô hình được thiết kế cho mục đích này. Các mô hình toán học đang tiếp tục được cải tiến và các nhà khoa học từ nhiều quốc gia đã áp dụng chúng để đáp ứng các yêu cầu của điều kiện địa phương (Arnalds và cộng sự, 2001). Nhiều mô hình hơn hiện đã được phát triển và sử dụng bởi các quốc gia khác nhau ở các khu vực khác nhau. Dưới đây là tóm tắt của một số mô hình để đo xói mòn đất và che phủ đất được sử dụng trong các môi trường khác nhau.

** Mô hình USLE*

Phương trình mất đất phổ dụng (The Universal Soil Loss Equation - USLE) và phương trình xói mòn gió (Wind Erosion Equation - WEE) đã được sử dụng trên toàn thế giới để đánh giá sự mất đất do xói mòn do nước và gió. Chúng được phát triển lần đầu tiên bởi Dịch vụ bảo tồn đất của Hoa Kỳ (USSCS) vào năm 1935. Các phương trình đã được chứng minh là thành công trong việc đánh giá đất nông nghiệp nhưng không phù hợp để đánh giá đất đồng cỏ cây bụi (rangelands) (Arnalds và cộng sự, 2001). Một trong những lý do là đất đồng cỏ cây bụi được cho là không đồng nhất như các cánh đồng nông nghiệp. Hội quản lý vùng, một hiệp hội chuyên gia về đất đồng cỏ cây bụi có trụ sở tại Hoa Kỳ, đã từ chối sử dụng phương trình USLE để đánh giá xói mòn trên đất đồng cỏ cây bụi. USLE đã được sử dụng rộng rãi trong việc đánh giá mất đất hàng năm dài hạn. Ví dụ, ở nước Ý, một dự án đánh giá rủi ro xói mòn ở cấp quốc gia đã ứng dụng mô hình mất đất phổ dụng để xác định các khu vực dễ bị xói mòn ở Địa Trung Hải (EUSOILS, 2008). Phương pháp này chỉ đánh giá cho xói mòn rãnh và xói mòn liên rãnh do nước, còn xói mòn mương máng, đây là một vấn đề lớn ở phần lớn của đảo Tuscany, không thể dự báo được bằng phương pháp này. Hơn nữa, sự di chuyển khối như lở đất hoàn toàn không được tính đến.

Mô hình USLE đã được điều chỉnh phù hợp với các điều kiện khác thông qua các phiên bản sửa đổi như MUSLE (Williams và Berndt, 1977 và RUSLE (SWCS, 1993) dẫn theo FAO, 2005) để ước tính khối lượng cặn lắng.

Phương trình mô hình USLE / RUSLE

USLE mô hình thực nghiệm đơn giản được sử dụng rộng rãi để đánh giá sự mất đất hàng năm lâu dài. Phương trình: $A = R * K * L * S * C * P$ (P – tham số chỉ dành cho mô hình thực nghiệm RUSLE).

trong đó: A – Lượng đất mất trung bình (hàng năm) [t / (ha.năm)], R – tham số Xói mòn do mưa [(MJ.mm) / (ha.hy)], K – tham số Độ xói mòn đất [(t.ha. h) / (ha.MJ.mm)], L - tham số Độ dốc (không thứ nguyên), S - tham số Độ dài dốc (không thứ nguyên) và C - tham số Sự quản lý che phủ (không thứ nguyên), P – tham số Các thực hành của con người nhằm kiểm soát xói mòn.

** Mô hình RUSLE*

Phương trình mất đất phổ dụng hiệu chỉnh (The Revised Universal Soil Loss Equation - RUSLE) được áp dụng cho toàn bộ không gian núi cao của dãy Anpơ, với một thiết lập cụ thể trên các khu vực núi cho các thông số độ dốc và xói mòn do mưa (EUSOILS, 2008). Lãnh thổ núi cao bao gồm Ý, Thụy Sĩ, Pháp, Áo, Đức và Slovenia. Nghiên cứu đã tạo ra các bản đồ cho thấy tốc độ xói mòn đất do nước ở lãnh thổ núi cao. Bản đồ về cơ bản bắt nguồn từ mô hình RUSLE,

tính toán sự mất đất thực tế do xói mòn đất bằng công thức Arnoldus để xác định hệ số xói mòn do mưa. Các giá trị chỉ số đó cho biết cường độ của tốc độ xói mòn đất (EUSOILS, 2008). Phương trình của RUSLE sử dụng tất cả các yếu tố của USLE, chỉ thêm vào yếu tố P là các thực hành của con người nhằm kiểm soát xói mòn.

Ở Ý, Marker và cộng sự (2007) đã thực hiện một nghiên cứu ở lưu vực sông Albegna ở miền nam đảo Tuscany, trong đó họ sử dụng phương pháp RUSLE để đánh giá các kịch bản sử dụng đất khác nhau (các kịch bản được đề cập là: quy ước, chuyển tiếp và sinh học) đối với sự thay đổi khí hậu hiện tại và tương lai trên cơ sở hàng tháng. Trong quá trình nghiên cứu, họ giữ giá trị của tham số K, tham số LS và tham số P không đổi và chỉ các giá trị của xói mòn do mưa (tham số R) và tham số C bị thay đổi theo các cái đặt kịch bản. Phân tích cho thấy tiềm năng của phương pháp này để đánh giá tính nhạy cảm xói mòn đất cảnh quan với phân tích kịch bản. Các tác giả nói rằng các phân tích có thể giúp phát triển các chiến lược thích ứng cho các kịch bản biến đổi khí hậu trong tương lai như thay đổi các kỹ thuật quản lý đất đai.

Castro Filho và cộng sự (2001) đã thảo luận về việc sử dụng các công cụ và kỹ thuật để đo tải lượng cặn lắng ở các khu vực có tiềm năng nông nghiệp lớn, như Lưu vực sông Paraná ở Brazil. Trong bài báo này, họ đã trình bày việc sử dụng các mô hình như RUSLE và Mô hình kế hoạch dự báo xói mòn nước (Water Erosion Prediction Project Model - WEPP) để đánh giá nguy cơ thoái hoá đất trên đất nông nghiệp quy mô lớn cũng như các kỹ thuật được sử dụng để giám sát liên tục.

Nghiên cứu đã hướng đến các đối tượng và vấn đề với việc điều chỉnh các mô hình xói mòn quy mô nhỏ để hoạt động như các công cụ đánh giá rủi ro quy mô lớn. Phần thiết yếu của phương pháp này là sự tích hợp của các mô hình này với các công cụ như GIS và sử dụng các bản đồ chuyên đề khác nhau có được từ ảnh vệ tinh và khảo sát đất để cung cấp cho các mô hình. Các tác giả này đã cho rằng việc xác định các khu vực có nguy cơ thoái hoá cao sẽ cho phép các kế hoạch bảo vệ đất tốt hơn để giảm tải cặn lắng đến các sông và hồ trong khu vực quan tâm.

Bởi vì họ quan tâm đến đất cho mục đích nông nghiệp, thoái hoá đất được định nghĩa là hoạt động trên đất làm giảm sự sản xuất cây trồng bền vững theo thời gian. Họ nhấn mạnh rằng định nghĩa này được áp dụng cho bất kỳ khu vực nào ở đó các nguyên tắc bảo vệ đất cơ bản không được tuân thủ khi chuyển thành đất nông nghiệp sau khi phá rừng hoặc thay đổi sử dụng đất khác. Hơn nữa, Castro Filho và cộng sự (2001) đã thảo luận về việc sử dụng các chỉ số cảnh báo sớm về mặt sinh học và phi sinh học của thoái hoá đất có thể dễ dàng nhìn thấy dọc theo con đường ở miền nam Brazil. Điều quan trọng là phải có đủ dữ liệu của khu vực quan tâm khi đánh giá thoái hoá đất quy mô lớn. Lưu vực sông Paraná được sử dụng làm ví dụ để minh họa các công cụ và kỹ thuật có thể được sử dụng để đánh giá tải lượng trầm tích trong lưu vực lớn. Việc sử dụng các công cụ và kỹ thuật mô hình hóa là có lợi vì nó đã cung cấp thông tin về các khu vực có nguy cơ thoái hoá đất tại thời điểm nghiên cứu.

Theo Yoder và cộng sự (2004), RUSLE vẫn chủ yếu nhằm đáp ứng nhu cầu của người dùng USLE, tập trung vào dự đoán xói mòn trung bình hàng năm dài hạn bởi nước trên các sườn dốc bị xáo trộn. Họ nói rằng kết quả đạt được của RUSLE đã đi theo sự dẫn dắt của USLE trong việc nhận ra rằng người dùng không phải là chuyên gia khoa học xói mòn cụ thể, và nhấn mạnh việc sử dụng cả mô hình và lý luận đằng sau các tính toán mà người dùng có thể truy cập được. Kết quả từ một nghiên cứu ở đất đồng cỏ cây bụi phía tây Hoa Kỳ cho thấy RUSLE cung cấp các việc làm hàng ngày một cách chính xác để mô hình hoá xói mòn trên các vị trí đất đồng cỏ cây bụi, bao gồm các mô tả về các quần xã thực vật đồng cỏ cây bụi và các hoạt động cải thiện đồng ruộng. Những thay đổi trong RUSLE có lợi cho việc ước tính xói mòn và lượng trầm tích, không chỉ đối với các thiết lập nông học mà còn cho các tình huống liên quan đến xây dựng, khai thác mỏ và cải tạo đất.

RUSLE là một chương trình mạnh, có khả năng dự báo sự mất đất từ những cánh đồng hoặc sườn đồi đã phải chịu một loạt các hoạt động sử dụng và cải tạo đất (Toy T.J., Foster, 1998).

** Mô hình CORINE*

Phương pháp CORINE là một phương pháp tiêu chuẩn được các quốc gia thuộc Cộng đồng Châu Âu sử dụng để xác định nguy cơ xói mòn và chất lượng của vùng đất đang nghiên cứu. Các quốc gia thuộc Cộng đồng Châu Âu cùng chung khu vực Địa Trung Hải đã hoàn thành bản đồ xói mòn và phân loại đất đai của họ bằng phương pháp CORINE (Doğan và cộng sự, 2008). Phương pháp CORINE xây dựng bản đồ xói mòn phân tích một số tham số để xác định nguy cơ xói mòn thực tế. Những tham số này là: lớp phủ thực vật, độ dốc, điều kiện khí hậu và tính chất đất. Doğan và cộng sự đã thực hiện nghiên cứu xây dựng bản đồ xói mòn lưu vực sông Dalaman ở Thổ Nhĩ Kỳ bằng phương pháp CORINE. Nghiên cứu này đã sử dụng các phương pháp viễn thám (RS) và hệ thống thông tin địa lý (GIS). Họ đã kết luận rằng sự tồn tại của lớp phủ thực vật đã làm giảm đáng kể nguy cơ xói mòn tiềm năng trong lưu vực. Dengiz và Akgul (2004) đã thực hiện một nghiên cứu để xác định nguy cơ xói mòn đất ở Khu vực bảo vệ môi trường của Gölbaşı và vùng lân cận của Thổ Nhĩ Kỳ bằng mô hình CORINE. Xây dựng mô hình bao gồm 6 bước, mỗi bước sử dụng các tổ hợp khác nhau về thành phần cơ giới đất, độ dày, độ chặt, dữ liệu khí hậu, sử dụng đất và thông tin che phủ đất. Dengiz và Akgul đã mô tả cách làm, trong bước đầu tiên, các lớp thành phần cơ giới, độ dày và độ chặt của đất được trích xuất từ bản đồ đất số tỷ lệ 1: 25.000 và được chồng xếp để tạo thành bản đồ xói mòn đất (erodibility). Bước thứ hai, tính toán các chỉ số độ khô hạn Fournier và Bagnouls-Gaussen từ dữ liệu khí hậu đã được sử dụng để tạo thành lớp xói mòn do mưa của khu vực nghiên cứu. Bước thứ ba xác định các cấp độ dốc từ mô hình độ cao số của khu vực nghiên cứu. Bước thứ tư, lớp phủ đất được chuẩn bị từ bản đồ sử dụng đất, xem xét mật độ của lớp phủ thực vật. Sau đó, lớp nguy cơ xói mòn đất tiềm năng được tạo ra bằng cách chồng xếp các lớp độ xói mòn, xói mòn do mưa và độ dốc của đất. Bước cuối cùng, lớp lớp phủ đất và lớp nguy cơ xói mòn đất tiềm năng đã được kết hợp để tạo thành bản đồ nguy cơ xói mòn đất thực tế. Kết quả từ nghiên cứu của Dengiz và Akgul cho thấy 72,9% diện tích nghiên cứu có nguy cơ xói mòn đất thấp, 23,8% diện tích có nguy cơ xói mòn đất trung bình và một phần nhỏ của khu vực nghiên cứu (1,0%) có nguy cơ xói mòn đất cao. Ngoài ra, nghiên cứu cho thấy kỹ thuật hệ thống thông tin địa lý (GIS) có vai trò quan trọng trong việc dự báo của các nghiên cứu nguy cơ xói mòn đất.

Cebecauer và Hofierka (2007) đã nghiên cứu hậu quả của những thay đổi che phủ đất đến sự phân bố xói mòn đất ở Slovakia. Đánh giá được dựa trên các nguyên tắc của mô hình USLE được hiệu chỉnh để áp dụng ở quy mô khu vực và sử dụng cơ sở dữ liệu che phủ đất CORINE (Corine Land Cover - CLC) cho những năm 1990- 2000. Tham số C đối với đất trồng trọt đã được tinh chỉnh bằng cách sử dụng dữ liệu thống kê về luân canh cây trồng trung bình, ước lượng trung bình và diện tích đất đối với các loại cây nông nghiệp cụ thể ở cấp huyện của Slovakia, trong khi tham số L đã được tính toán bằng cách sử dụng các diện tích mẫu với các thửa được xác định bằng dữ liệu của LandSAT TM.

Cebecauer và Hofierka (2007) nhấn mạnh rằng mô hình USLE được phát triển để đánh giá quy mô địa phương về xói mòn lớp mỏng (sheet erosion) và xói mòn rãnh (rill erosion), do đó, ứng dụng của nó để đánh giá cấp khu vực cần một số sửa đổi. Tham số thực hành bảo vệ đất của RUSLE, P, không được xem xét trong mô hình này. Tham số C được xác định từ cơ sở dữ liệu CLC và dữ liệu thống kê luân canh cây trồng đối với 72 huyện của Slovakia. Từ nghiên cứu này, kết quả cho thấy các thay đổi của độ che phủ của đất và luân canh cây trồng có ảnh hưởng đáng kể đến kiểu xói mòn đất chủ yếu ở vùng đồi và vùng núi của Slovakia. Phân tích sự khác biệt trong khu vực về độ che phủ đất và hệ thống luân canh cây trồng cho thấy nguyên nhân

chính của những thay đổi và giúp giải thích những thay đổi đang diễn ra trong các kiểu xói mòn đất.

* Mô hình PESERA

Mô hình đánh giá rủi ro xói mòn đất ở châu Âu (Pan-European Soil Erosion Risk Assessment - PESERA) là mô hình dựa trên cơ sở dòng chảy được sử dụng để dự đoán dòng chảy với bước nhảy thời gian hàng ngày, ước tính sự thay đổi về khả năng trữ nước và sự ngăn chặn của thảm thực vật và liên kết dòng chảy ước tính này với sự mất đất bằng một phương trình được phát triển bởi Kirkby cộng sự (2004). PESERA sử dụng mô hình dựa trên cơ sở quá trình và phân bố không gian để định lượng xói mòn đất do nước và đánh giá nguy cơ của nó trên khắp châu Âu.

EUSOILS (2008) đã báo cáo rằng cơ sở khái niệm của mô hình PESERA cũng có thể được mở rộng bao gồm các ước tính về làm đất và xói mòn gió. Mô hình này được dùng như một công cụ chẩn đoán cấp khu vực, thay thế các phương pháp hiện có thể so sánh, như Phương trình mất đất phổ dụng (USLE), ít phù hợp với điều kiện châu Âu và không có khả năng tương thích với các mô hình độ phân giải cao hơn. Kết quả sơ bộ cho thấy, mặc dù mô hình có thể được áp dụng ở cấp khu vực, quốc gia và châu Âu, độ phân giải thấp và dữ liệu đầu vào chất lượng thấp gây ra sai số và sự không chắc chắn. Tuy nhiên, định lượng vấn đề xói mòn cho phép đánh giá các tác động có thể có của những thay đổi trong tương lai của khí hậu và sử dụng đất, thông qua phân tích kịch bản và đánh giá tác động, tính đến hiệu quả chi phí, tính khả thi kỹ thuật, khả năng chấp nhận xã hội và khả năng thực hiện (EUSOILS, 2008). Do đó, nó được xem là chính xác nhất về mặt khái niệm vì các thông số mà nó đo được (Kirkby và cộng sự, 2004). Mô hình PESERA tạo ra các kết quả phụ thuộc chủ yếu vào dữ liệu che phủ đất được xác định bởi phương pháp CORINE và độ chính xác của dữ liệu khí tượng nội suy.

Ngoài các mô hình xói mòn đất USLE, RUSLE, CORINE và PESERA đã thảo luận ở trên, các ví dụ về các mô hình đã được sử dụng là: mô hình SPADS (Spatially Distributed Scoring model) để đo lượng cặn lắng; mô hình Tỷ lệ phân phối cặn lắng (SDR- Sediment Delivery Ratio), được cho là chính xác hơn cho các phép đo xói mòn đất do nước ở cấp độ lưu vực so với mô hình USLE; mô hình RIVM là mô hình tham số như mô hình CORINE nhưng theo nhiều mức độ, một phép tính gần đúng đơn giản hơn của mô hình USLE; mô hình Viện nghiên cứu nông nghiệp quốc gia (INRA - Institute National Recherche Agronomique), có tính đến sự hình thành lớp vỏ cứng, sử dụng đất và độ xói mòn đất. Nhiều mô hình khác đã được phát triển và sử dụng để đo xói mòn đất:

- SLEMSA (Soil Loss Estimation Equation for Southern Africa) - Phương trình ước tính sự mất đất cho Nam Phi (Stocking, 1981) được phát triển ở Zimbabwe trên cơ sở mô hình USLE.
- MMF - mô hình Morgan-Morgan Finney (Morgan và cộng sự, 1984) tương đối đơn giản, linh hoạt, có cơ sở tự nhiên rõ ràng và có thể được áp dụng ở các khu vực miền núi (Shrestha, 1997). MMF đã được báo cáo để cung cấp thông tin hữu ích về các khu vực nguồn cặn lắng, sự cung cấp cặn lắng cho các dòng suối và lượng cặn lắng hàng năm (Morgan 2001).
- WEPP (Water Erosion Prediction Project) - Dự án dự báo xói mòn do nước (Nearing và cộng sự, 1989) là mô hình xói mòn dựa trên cơ sở quá trình, được thiết kế để thay thế Phương trình mất đất phổ dụng (USLE).
- Các mô hình như ANSWERS (Areal Non-point Source Watershed Environment Response Simulation) - Mô phỏng ứng phó môi trường lưu vực nguồn không điểm của vùng (Beasley và cộng sự, 1980) và AGNPS (Agricultural Non-Point Source Pollution Model) - Mô hình ô nhiễm nguồn không điểm nông nghiệp (Young và cộng sự, 1987) có sẵn cho xói mòn đất bằng máy tính trong một lưu vực; và việc sử dụng logic IFSE-THEN-ELSE cung cấp một giải pháp thay thế cho đánh giá thoái hoá đất (Shrestha và cộng sự, 2004).

3. Đánh giá thoái hoá đất đai (Land degradation Assessment)

a. Phương pháp đánh giá thoái hoá đất đai ở vùng khô hạn (Land degradation Assessment in drylands - LADA)

LADA tuân theo phương pháp tiếp cận có sự tham gia, phi tập trung, hướng đến quốc gia và tích hợp và sử dụng rộng rãi các đánh giá nông thôn có sự tham gia, đánh giá của chuyên gia, đo lường hiện trường, viễn thám, GIS, mô hình hóa và các biện pháp hiện đại khác của các công nghệ tạo dữ liệu, mạng và truyền thông cho chia sẻ thông tin ở cấp quốc gia và quốc tế (Kooch và cộng sự, 2003; Tài liệu dự án LADA, 2005). LADA xem xét cả các yếu tố lý sinh và động lực kinh tế xã hội. Dự án nhằm đóng góp cái mới cho các phương pháp và hệ thống giám sát thoái hoá đất, được bổ sung bằng các bài học kinh nghiệm từ sáu quốc gia đối tác chính tham gia dự án. Các quốc gia này là: Argentina – đối với khu vực Mỹ Latinh, Trung Quốc – đối với khu vực Đông Á, Cuba - đối với khu vực Caribê, Senegal - đối với khu vực Pháp ngữ của Tây Phi, Nam Phi - đối với khu vực miền nam, trung và đông châu Phi, và Tunisia - đối với vùng Cận Đông, Bắc Phi và Địa Trung Hải (tài liệu dự án LADA, 2005).

Các hướng dẫn cho cách tiếp cận phương pháp đánh giá thoái hoá đất cho dự án LADA được phát triển bởi Kooch và cộng sự (2003). Họ đề xuất rằng các nguyên nhân, tình trạng và tác động của thoái hoá đất và các phản ứng có thể xảy ra có thể được xác định và đánh giá cùng một lúc. Phương pháp LADA được đề xuất dựa trên khung DPSIR trong đó D là các động lực, P cho biết các áp lực, S là tình trạng của đất và khả năng phục hồi của nó, I là tác động của áp lực tăng hoặc giảm và R là phản ứng của người sử dụng đất để giải phóng hoặc giảm áp lực lên đất.

Cách tiếp cận này cho phép linh hoạt cho mỗi quốc gia áp dụng các chỉ số phù hợp với tình hình của họ và vấn đề cụ thể (Tài liệu dự án LADA, 2005). Ponce-Hernandez (2002) nói rằng tiếp cận LADA được đề xuất là phát triển một khung phương pháp hơn là một phương pháp. Khung này được hy vọng sẽ mang lại sự linh hoạt, về mặt quy trình, kỹ thuật và tình trạng của cơ sở dữ liệu, để phù hợp với hoàn cảnh cụ thể của quốc gia hoặc vùng nơi nó được áp dụng (Ponce-Hernandez, 2002). Các qui trình đánh giá theo các cách tiếp cận cơ bản dựa trên các biến chỉ số và các “đại diện”. Tuy nhiên, khung này sẽ sử dụng bất kỳ dữ liệu “cứng” nào được cung cấp bởi phép đo chi tiết ở bất cứ nơi nào chúng có sẵn.

Trong phạm vi của dự án LADA, Snel và Bot (2003) đã đề xuất các chỉ số có thể được sử dụng để đánh giá thoái hoá đất ở vùng đất khô. Trong bài báo của Snel và Bot (2003) đã thảo luận các chỉ số về điều kiện lý sinh của đất đai, về cách quản lý đất đai, và chính sách và môi trường xã hội để cải thiện quản lý đất đai. Bộ chỉ số được đề xuất được đưa ra trong bài báo của Snel và Bot dựa trên cơ sở đánh giá các chỉ số thoái hoá đất hiện tại, nguồn dữ liệu và các phương pháp, và tham khảo ý kiến chuyên gia. Danh sách các chỉ số tiềm năng để sử dụng ở cấp độ toàn cầu, quốc gia và vùng, lưu vực hoặc làng và nông trại được FAO (2003) liệt kê trong bản tóm tắt cho hội nghị thư điện tử năm 2003. Tuy nhiên, danh sách các chỉ số tiềm năng quá dài; do đó, dự án LADA sử dụng các chỉ số làm điểm nhấn nhằm mục đích có một danh sách ngắn. Các chỉ số cho dự án LADA sẽ được xác định bằng thanh đo SMART (cụ thể, có thể đo lường được, có thể đạt được, có liên quan và phạm vi thời gian) và được kiểm tra lại dựa vào các chỉ số DESERTLINK (Ở phần châu Âu bao quanh Địa Trung Hải, các chỉ số sa mạc hóa đã được tóm tắt bởi dự án DESERTLINKS. Khoảng 150 chỉ số liên quan đến sa mạc hóa ở Địa Trung Hải đã được thiết kế để cung cấp một công cụ giúp người dùng có trình độ khác nhau bao gồm các nhà khoa học, nhà hoạch định chính sách và nông dân để: xác định nơi sa mạc hóa xuất hiện, đánh giá vấn đề đó nghiêm trọng như thế nào và hiểu rõ hơn các quá trình sa mạc hóa).

Bên cạnh đó, Burning và Lane (2003) đã đề xuất một khung cho các chỉ số về điều kiện đa dạng sinh học, đất đai và kinh tế xã hội như là một phần của việc kiểm kê các vấn đề đa dạng sinh học cho dự án LADA. Họ cho rằng các nguyên nhân của suy giảm đa dạng sinh học và thoái hoá đất thường đa dạng, phức tạp và thường liên quan đến sự kết hợp của các yếu tố con người

và tự nhiên. Hơn nữa, tác động của thoái hoá đất cũng đa dạng và ảnh hưởng đến một loạt các nghiên cứu về tự nhiên và kinh tế-xã hội. Do đó, việc đánh giá và giám sát đa dạng sinh học và các quá trình hệ sinh thái liên quan, đòi hỏi một bộ tích hợp các chỉ số lý sinh và kinh tế-xã hội. Burning và Lane (2003) đã tóm tắt các chỉ số chính về đa dạng sinh học, điều kiện đất đai, quản lý tài nguyên thiên nhiên và kinh tế-xã hội có thể được sử dụng cho đánh giá ở cấp địa phương (lô đất và hộ nông dân), hệ sinh thái và cấp quốc gia (Bảng 3)

Bảng 3. Đa dạng sinh học chính, điều kiện đất đai và các chỉ số kinh tế-xã hội và mức độ đánh giá (địa phương, hệ sinh thái hoặc quốc gia)

Tình trạng đa dạng sinh học và tài nguyên thiên nhiên	Địa phương (lô đất, F-H)	Hệ sinh thái / AEZ / lưu vực	Quốc gia
I. Hệ sinh thái			
<u>I.1 Đa dạng về hệ sinh thái / môi trường sống</u>			
Thay đổi lớp phủ thực vật		X	X
Thay đổi sử dụng đất		X	X*
<u>I.2 Mất loài</u>			
Mất các loài chính (phục vụ kinh tế, văn hóa, sinh thái)	X	X	X*
Đa dạng các loài động vật và thực vật	X	X	X*
Tỷ lệ thu hoạch của một số loài đối tượng hoang dã nào đó		X	X
<u>I.3 Nhân khẩu học</u>			
Tăng trưởng dân số, nghèo đói,	X	X	X*
Khu vực thành thị / nông thôn		X	X
II. Đất			
<u>II.1 Đa dạng sinh học đất</u>			
Sinh khối hữu cơ đất	X		
<u>II.2 Thoái hoá vật lý đất</u>			
Điều kiện bề mặt đất	X		
Xói mòn	X	X	
Thảm thực vật che phủ, thành phần, cấu trúc, sức khỏe	X	X	
<u>II.3 Thoái hoá hóa học đất</u>			
Diện tích đất mặn, đất kiềm, đất chua	X	X	X*
Thảm thực vật che phủ, năng suất, thành phần, sức khỏe	X	X*	
III. Thảm thực vật (đất phi nông nghiệp)			
<u>III.1 Đa dạng và thành phần</u>			
Khoảng cách từ các điểm cấp nước	X	X	
IV. Nước			
<u>IV.1 Chất lượng nước - ô nhiễm</u>			
Các chỉ số sinh học động vật và thực vật, tải lượng dinh dưỡng và sự lắng đọng	X	X	
V. Đa dạng sinh học nông nghiệp			
<u>V.1 Đa dạng cây trồng</u>			
Số loài được trồng cấy bởi các hộ sản xuất nhỏ	X	X	X*
VI. An ninh lương thực và sinh kế			
Quy mô trang trại, Diện tích canh tác, Quyền sử dụng đất, Năng suất cây trồng và vật nuôi, Giáo	F-H	X	X*

dục (mức cao nhất ở gia đình và trường học đối với trẻ em, chất lượng và số lượng), ...

VII. Thực hành quản lý đất và nước

Quản lý nước	F-H	X	
Chế độ chăn thả	P	X	
Quản lý cháy	P	X*	X

Lưu ý: đây chỉ là một ví dụ cho thấy một số chỉ số được đề xuất để chỉ ra các yếu tố đa dạng sinh học, đất đai và kinh tế-xã hội như là một phần của việc kiểm kê các vấn đề đa dạng sinh học cho dự án LADA của Burning và Lane (2003) - không phải là một danh sách đầy đủ. Đánh giá cấp quốc gia thường đối chiếu thông tin được thu thập ở cấp địa phương và hệ sinh thái. Các chỉ số quốc gia được chỉ định là X*.

Các biến được chọn này là các chỉ số về tình trạng thay đổi của đa dạng sinh học, điều kiện đất đai và quy mô con người do áp lực (Burning and Lane, 2003). Ngoài ra, họ cũng thảo luận một số câu trả lời về quản lý đối với các chỉ số và đưa ra một bảng chi tiết hơn liệt kê các động lực kinh tế xã hội, áp lực và tác động tiềm tàng đối với đa dạng sinh học, các chỉ số về tình trạng, phương pháp chỉ số và các hạn chế tiềm năng và mức độ đánh giá. Các tác giả (Burning và Lane, 2003) đã đề xuất rằng các chỉ số nên được áp dụng ở cấp địa phương và cung cấp thông tin để đánh giá rộng hơn ở lưu vực, vùng sinh thái nông nghiệp và cấp quốc gia. Họ lưu ý rằng các thuộc tính cụ thể của các chỉ số lý sinh và kinh tế-xã hội được theo dõi sẽ khác nhau giữa các hệ thống do con người quản lý và các câu hỏi được đặt ra. Ngoài ra, Burning và Lane đã đưa ra các ví dụ về các chỉ số: trong các hệ thống trồng trọt được tưới, việc xác định và lập bản đồ độ mặn của đất có thể được xem xét ưu tiên, trong khi trong các hệ thống trồng trọt nhờ mưa, việc theo dõi cân bằng dinh dưỡng có thể rất quan trọng. Ngược lại, trong các khu vực bảo tồn được chỉ định, việc theo dõi tình trạng mật độ của các loài bị đe dọa, điều kiện và sự phân bố môi trường sống của chúng sẽ rất quan trọng, còn ở các đồng cỏ cây bụi có thể tập trung vào lớp phủ và thành phần của các loại cỏ lâu năm mong muốn là quần thể hữu dụng. Burning và Lane (2003) cũng nhận xét rằng các kỹ thuật viễn thám có thể được sử dụng để giám sát các chỉ số như thay đổi sử dụng đất, phát quang thực vật và phân mảnh môi trường sống ở cấp vùng và quốc gia.

Hơn nữa, trong phạm vi của dự án LADA, Van Lynden và cộng sự (2004) đã thảo luận về các nguyên tắc hướng dẫn định lượng thoái hoá đất. Họ coi thoái hoá đất là một quá trình mô tả các hiện tượng do con người gây ra làm giảm khả năng hiện tại hoặc tương lai của đất để hỗ trợ đời sống của con người. Ngược lại, họ cũng coi thoái hoá đất là giảm khả năng của đất để tạo ra lợi nhuận từ việc sử dụng đất cụ thể theo một hình thức quản lý đất xác định. Van Lynden và cộng sự (2004) đã phát triển các chỉ số, chỉ tập trung vào các chỉ số nhiễm mặn, tuần hoàn dinh dưỡng và ô nhiễm đất. Họ đã sử dụng thông tin từ công trình do GLASOD, ASSOD và SOVEUR thực hiện là các chỉ số đã được xác định rõ ràng và được ghi lại.

Van Lynden và cộng sự (2004) cho rằng chất lượng đất (soil) là khái niệm thay đổi đất đai (land) hẹp nhất, tiếp theo là chất lượng đất đai và sau đó là quản lý đất đai bền vững. Chất lượng đất có thể dựa vào sự biến đổi chất hữu cơ của đất. Chất lượng đất là một điều kiện quan trọng của vùng đất và có thể được nghiên cứu chỉ sử dụng dữ liệu đất, trong khi chất lượng đất đai đòi hỏi phải tích hợp dữ liệu đất với các thông tin lý sinh khác như khí hậu, địa chất và sử dụng đất. Quản lý đất đai bền vững đòi hỏi phải tích hợp chất lượng đất với nền kinh tế và các nhu cầu xã hội. Đặc biệt, bể cacbon động bị ảnh hưởng nhiều nhất bởi điều kiện môi trường và thay đổi sử dụng đất (van Lynden và cộng sự, 2004).

b. Phương pháp sinh thái nông nghiệp (AEZ – Agro-Ecological Zones)

Phương pháp sinh thái nông nghiệp của FAO (AEZ) được phát triển vào năm 1975 và là một hệ thống chính nhằm đánh giá tài nguyên đất đai. Phương pháp này đã được sử dụng để giải quyết các câu hỏi khác nhau liên quan đến kiểm kê đất, đánh giá đất, quy hoạch và quản lý sử

dụng đất, đánh giá thoái hoá đất và lập bản đồ sử dụng đất ở cấp độ toàn cầu, khu vực, quốc gia và địa phương (FAO, 2005). Khái niệm AEZ liên quan đến việc thể hiện các thành phần của đất như các lớp thông tin không gian hoặc các lớp bản đồ và tích hợp các lớp bằng cách sử dụng GIS. Trong cơ sở dữ liệu của AEZ, các loại bộ dữ liệu tham chiếu địa lý khác nhau được tích hợp, có thể bao gồm các loại sau: địa hình, ranh giới hành chính, đường / thông tin liên lạc, đô thị và khu dân cư, sông và vùng chứa nước (biển, hồ, ao,...), địa chất, đất, địa lý tự nhiên, địa hình, xói mòn, lượng mưa, nhiệt độ và chế độ ẩm, rừng đầu nguồn, sử dụng đất hoặc che phủ đất và trữ lượng rừng và dân số (FAO, 2005).

Phương pháp của AEZ dựa trên các nguyên tắc sau đây là cơ sở cho bất kỳ đánh giá hợp lý nào về tài nguyên đất: áp dụng cách tiếp cận liên ngành, dựa trên các yếu tố đầu vào từ một số ngành, bao gồm các nhà sinh thái học cây trồng, nhà thổ nhưỡng học, nhà nông học, nhà khí hậu học, chuyên gia chăn nuôi, chuyên gia dinh dưỡng và các nhà kinh tế. Đánh giá đất có liên quan đến việc sử dụng đất cụ thể và sự thích hợp đất đai liên quan đến việc sử dụng trên cơ sở bền vững, tức là, việc sử dụng đất dự kiến phải xem xét sự thoái hoá, ví dụ: thông qua xói mòn do gió, xói mòn do nước, nhiễm mặn hoặc các quá trình thoái hoá khác (FAO, 2005).

Hơn nữa, FAO (2005) tuyên bố rằng việc phục hồi đất được giả định là đạt được bằng phương pháp bỏ hoá, luân canh cây trồng và các biện pháp bảo tồn đất thích hợp: 1) đánh giá tiềm năng sản xuất đối với các mức đầu vào cụ thể, ví dụ, liệu phân bón có được sử dụng không, nếu kiểm soát dịch hại được thực hiện, nếu máy móc hoặc dụng cụ cầm tay được sử dụng (đầu vào nông nghiệp và kỹ thuật canh tác); 2) các loại sử dụng đất khác nhau phải được xem xét trong bối cảnh đáp ứng nhu cầu quốc gia hoặc khu vực đối với lương thực và các sản phẩm nông nghiệp, bao gồm cả chăn nuôi và lâm nghiệp; và 3) các mô hình sử dụng đất phải được xây dựng để tối ưu hóa năng suất đất liên quan đến các mục tiêu chính trị và xã hội có tính đến các hạn chế về điều kiện tự nhiên, kinh tế xã hội và kỹ thuật và các cân nhắc về môi trường.

4. Đánh giá tình trạng và sức khỏe của đất đồng cỏ cây bụi

Sức khỏe của đất đồng cỏ cây bụi rất quan trọng vì nó phản ánh những thay đổi về điều kiện đất đai và khả năng phục hồi vì đây là một tiềm năng sinh thái được sử dụng làm tài liệu tham khảo. Hơn nữa, nó có thể được sử dụng để lập kế hoạch và ưu tiên các dự án phục hồi (Pyke và cộng sự, 2002). Các chỉ số có một lịch sử sử dụng lâu dài trong đánh giá và giám sát và kiểm kê tài nguyên của đất đồng cỏ cây bụi.

Theo FAO (2008), sức khỏe của đất là khả năng của đất để hoạt động như một hệ thống sống, với giới hạn sử dụng đất và hệ sinh thái, để duy trì năng suất của thực vật và động vật, duy trì hoặc tăng cường chất lượng nước và không khí, và thúc đẩy sức khỏe của thực vật và động vật. Đất khoẻ duy trì một cộng đồng đa dạng các sinh vật đất giúp kiểm soát bệnh cây, côn trùng và cỏ dại gây hại, hình thành các mối liên hệ cộng sinh có lợi với rễ cây; tái tuần hoàn các chất dinh dưỡng thiết yếu cho cây trồng; cải thiện cấu trúc đất với tác động tích cực cho khả năng giữ nước và dinh dưỡng của đất, và cuối cùng là cải thiện năng suất cây trồng.

a. Sử dụng các thuộc tính và chỉ số

Pyke và cộng sự (2002) đã phát triển một phương pháp định tính, nhanh để đánh giá tình trạng hiện tại của đất đồng cỏ cây bụi ở Mỹ. Các nhà đánh giá lập 17 chỉ số để đánh giá 3 thuộc tính hệ sinh thái (độ ổn định của đất và vị trí, chức năng thủy văn và tính toàn vẹn sinh học) cho một địa điểm nhất định. Mười bảy chỉ số được đề cập đến là: rãnh xói, mô hình dòng nước, nền, đất trống, nương xói, khu vực bị gió thổi và lắng đọng, di chuyển rác, chống xói mòn bề mặt đất, sự thoái hoá hoặc mất đất bề mặt, thành phần quần xã thực vật và phân bố liên quan đến sự thấm và dòng chảy, lớp nén chặt, các nhóm chức năng / cấu trúc, tỷ lệ cây chết / cây bị suy thoái, số lượng rác, sản xuất hàng năm, cây xâm lấn và khả năng sinh sản của cây lâu năm.

Các kỹ thuật được sử dụng để đánh giá từng thuộc tính được phác thảo liên quan đến tiềm năng của một địa điểm cụ thể. Pyke và cộng sự (2002) đã sử dụng các khái niệm và tài liệu từ sách của Hội đồng nghiên cứu quốc gia (NRC). NRC đã mô tả điều kiện biến thiên là tình trạng thảm thực vật hiện tại trên một địa điểm biến thiên liên quan đến quần xã thực vật đỉnh cao cho khu vực đó; và tình trạng sinh thái được mô tả là mức độ tương đồng giữa thảm thực vật và điều kiện đất hiện có so với quần xã tự nhiên tiềm năng và điều kiện đất mong muốn tại địa điểm đó. Để xác định xem đất có bị thoái hoá hay không, cần đánh giá dựa trên các tiêu chí khác nhau bao gồm sự bền vững của đất, thảm thực vật, chu trình dinh dưỡng và nhiều khía cạnh khác (NRC, 1994). Ngoài ra, Pyke và cộng sự (2002) đã xem xét các ứng dụng dự định cho kỹ thuật này và làm rõ sự khác biệt giữa đánh giá và giám sát khiến họ đề xuất kỹ thuật này để đánh giá theo thời gian và không được sử dụng để theo dõi tình trạng của đất đồng cỏ cây bụi theo thời gian. Cuối cùng, Pyke và cộng sự đã đề xuất một cơ chế thích ứng và sửa đổi kỹ thuật này để phản ánh những cải tiến trong sự hiểu biết về các quy trình hệ sinh thái. Kiến thức đầy đủ về địa điểm sinh thái đó và các loại đất là cần thiết để giải thích nhiều chỉ số và áp dụng chúng trên đất đó.

Theo Pellant và cộng sự (2005) các chỉ số quá trình sinh thái rất khó quan sát ở thực địa do sự phức tạp của hầu hết các hệ sinh thái đất đồng cỏ cây bụi. Do đó Pellant và cộng sự (2005) đã mô tả một quy ước về việc sử dụng các chỉ số quan sát được để giải thích và đánh giá sức khỏe của đất đồng cỏ cây bụi. Quy ước đánh giá được cho là không nhằm sử dụng để xác định nguyên nhân của các vấn đề tài nguyên và xác định xu hướng mà để chọn các vị trí giám sát trong việc phát triển các chương trình giám sát và đưa ra cảnh báo sớm về các vấn đề và cơ hội tiềm năng bằng cách giúp các nhà quản lý đất đai xác định các khu vực tiềm ẩn nguy cơ thoái hoá (Pellant và cộng sự, 2005). Theo họ, các chỉ số phát triển này được sử dụng trên toàn quốc (Hoa Kỳ) cũng như quốc tế (ở Mexico cho quy hoạch vùng và các kế hoạch quản lý các trang trại và ở Mông Cổ để đánh giá đất đồng cỏ cây bụi). Điều quan trọng đối với các nhà quản lý đất đai và các chuyên gia hỗ trợ kỹ thuật là có thể đánh giá sức khỏe của đất đồng cỏ cây bụi để biết nơi cần tập trung mọi cố gắng quản lý.

b. Cách tiếp cận phân loại

Manske (2002) thảo luận về việc sử dụng bốn loại điều kiện được sử dụng trong hầu hết các phương pháp đánh giá tình trạng sức khỏe của đất đồng cỏ cây bụi để xác định mức độ của sức khỏe hệ sinh thái ở đồng cỏ. Các loại này dao động từ cực kỳ khỏe đến cực kỳ yếu. Các loại thường được sử dụng là: điều kiện rất tốt, tốt, trung bình và kém.

Trong quá trình đánh giá tình trạng sức khỏe, các thành phần hệ sinh thái đang được xem xét là thảm thực vật trên mặt đất và dưới mặt đất, các quá trình phát triển đất, mức độ và loại xói mòn, các quá trình sinh thái và sự thấm của lượng mưa (Manske, 2002). Hơn nữa, trong tài liệu này, ông chỉ ra các tiêu chí đánh giá và đặc điểm cho từng loại tình trạng sức khỏe của đất đồng cỏ cây bụi cũng như một bộ câu hỏi để giúp người đánh giá diễn giải các tiêu chí và đặc điểm về tình trạng sức khỏe. Đây là một phương pháp đánh giá không cần giải thích có thể được áp dụng ở thực địa, với tất cả các khái niệm và tài liệu của nó. Tương tự như vậy, NRC (1994) và NAPCOD (2003) cũng đề xuất sử dụng các loại điều kiện tương tự để đánh giá tình trạng sức khỏe của đất đồng cỏ cây bụi ở cấp địa phương.

c. Phương pháp tiếp cận phân tích chức năng cảnh quan (Landscape Function Analysis - LFA), Úc

Phân tích chức năng cảnh quan (LFA) là một quy trình giám sát, sử dụng các chỉ số đơn giản, đánh giá hệ sinh thái hoạt động tốt như thế nào với hệ thống sinh địa hoá (Tongway, 2008). Tongway kiến nghị LFA là thành phần chính của Phân tích chức năng hệ sinh thái (Ecosystem Function Analysis - EFA), được dành cho các phép đo lặp lại để lấy dữ liệu dưới dạng chuỗi

thời gian. Cách tiếp cận nhanh chóng và đơn giản ở thực địa và đã được áp dụng cho nhiều loại cảnh quan và sử dụng đất khác nhau và được nhiều người sử dụng trực tiếp sử dụng.

Cách tiếp cận LFA bao gồm ba thành phần: khung khái niệm, phương pháp thực địa và khung diễn giải. Khung khái niệm dựa trên cơ sở hệ thống “kích hoạt-chuyển đổi-dự trữ-xung động” (TTRP: trigger-transfer-reserve-pulse) cho cách thức hoạt động của đồng cỏ cây bụi, dựa trên cách các cảnh quan hoạt động để bảo tồn và sử dụng các nguồn tài nguyên khan hiếm.

Khung này đại diện cho các chuỗi của các quá trình hệ sinh thái và các vòng phản hồi (Tongway, 2005; Ludwig và cộng sự, 1997). Các chỉ số LFA đã được phát triển từ nhiều tài liệu được công bố từ nhiều nguồn khác nhau và chủ yếu dựa trên các quá trình liên quan đến thủy văn bề mặt, tức là lượng mưa, thấm, dòng chảy, xói mòn, tăng trưởng thực vật và chu trình dinh dưỡng (Tongway và Hindley, 2004).

Phương pháp tiếp cận này tốt, giúp các nhà quản lý đất đai biết xu hướng và hiện trạng và những gì đang bị mất khỏi hệ sinh thái (Tongway, 1994). Nếu các đất đồng cỏ tự nhiên trở nên nghèo nàn và không giữ được tài nguyên, sẽ có lỗ hổng từ hệ thống dẫn đến không hiệu quả. Ngoài đất, hệ thống LFA cũng có thể được sử dụng để đánh giá các tính chất chức năng của thảm thực vật (Tongway và Hindley, 2004).

d. Đánh giá tình trạng bề mặt đất

Tongway (1994) đã phát triển đánh giá tình trạng đất (một thành phần của LFA) cho đồng cỏ nhiệt đới ở Úc. Phương pháp đánh giá tình trạng đất theo ba bước chính: mô tả thiết lập địa lý của khu vực, mô tả đặc điểm của khoảng đất phì nhiêu/giữa các khoảng đất và nhận biết mô hình xói mòn và đánh giá tình trạng bề mặt đất.

Tốt nhất là đánh giá cả tình trạng thực vật và đất khi theo dõi tình trạng của các khu vực đất đồng cỏ cây bụi để có một mô tả chính xác về hiện trạng và một số thông tin về xu hướng trong tương lai. Hơn nữa, theo Tongway các phương pháp đánh giá thảm thực vật hiện đang được phát triển tốt ở Úc và cung cấp nhiều thông tin, nhưng các phương pháp đánh giá tình trạng đất không thành công lắm. Giám sát thảm thực vật rất quan trọng ở đất đồng cỏ cây bụi để biết liệu những thay đổi trong thành phần có phải là do sự tương tác giữa chăn thả và thảm thực vật riêng rẽ hay liệu đất có phải là môi trường làm cho cây cỏ bị thoái hoá. Các chỉ số bề mặt đất được sử dụng ở đây tương tự như các chỉ số được mô tả trong hướng dẫn sử dụng LFA và các quy trình thực địa được giải thích rõ trong hướng dẫn.

e. Công cụ đánh giá thực địa – đất trực quan (Visual Soil – Field Assessment Tool – FA-FAST)

McGarry (2004) đã nghiên cứu phát triển phương pháp Công cụ đánh giá thực địa – đất trực quan để hỗ trợ và nâng cao chương trình LADA của FAO. Phương pháp VS-FAST đã được phát triển để giải quyết yêu cầu chính của khung phương pháp mới được phát triển cho chương trình LADA (McGarry, 2004). Phương pháp VS-FAST là phương pháp tiếp cận được nâng cấp và tích hợp hữu dụng cho người nông dân để đánh giá trực quan trên thực địa về điều kiện và sức khỏe của đất, đặc biệt nhấn mạnh vào các phương pháp đơn giản, lặp lại sử dụng thiết bị hàng ngày, chi phí thấp. Các kỹ thuật cho phương pháp này bao gồm cả quan sát trực quan đất được đào bằng mai và các phép đo đơn giản nhưng thiết thực bao gồm độ tơi và phân tán, pH, tính thấm nước và chất hữu cơ của đất.

Phương pháp này đã được chứng minh là đơn giản nhưng mạnh, đảm bảo có sẵn dữ liệu tức thời, sự chấp nhận của nông dân và cập nhật nhanh chóng các công cụ mô tả và đo lường, dẫn đến đánh giá nhanh tình trạng hiện tại với khả năng theo dõi lâu dài.

Các phản hồi tích cực dao động từ cấp chính sách, với các yêu cầu hiểu biết về tình trạng đất đai ở cấp độ khu vực - đặc biệt là định hướng tình trạng / sức khỏe đất đai theo tình trạng hiện tại bằng các phương thức sản xuất truyền thống và tiềm năng cải thiện bằng phương thức sản xuất cải tiến, đến cấp độ nông dân nơi có sự nhiệt tình thực sự thì có thể học được rất nhiều về

tình trạng và sức khỏe của đất trong chuyến thăm thực địa khoảng 20 - 30 phút (McGarry, 2004). Phương pháp này đơn giản, vì vậy nó có thể dễ dàng được áp dụng và áp dụng cho bất kỳ điều kiện nào khác vì nó không đòi hỏi đầu tư nhiều (tiền bạc, nhân lực và thời gian).

g. Phương pháp độ lệch chăn thả (Grazing gradient method - GGM)

Thoái hoá ở các đất đồng cỏ cây bụi liên quan đến xói mòn đất gia tăng, thoái hoá đất và thay đổi bất lợi trong thành phần thực vật (Pickup và cộng sự, 1998; Bastin, 2002). Thoái hoá đất rất khó đánh giá ở đất đồng cỏ cây bụi khô hạn vì sự thay đổi ngắn hạn về lượng mưa, sự đa dạng cảnh quan và các vấn đề lấy mẫu các khu vực rộng lớn. Ở Úc khô hạn và bán khô hạn, hầu hết sự biến đổi không gian do chăn thả xuất hiện do động vật bị nhốt giữ bởi các hàng rào và phải dựa vào các giếng hoặc đập để lấy nước uống (Pickup và cộng sự, 1998). Do đó, tác động của động vật giảm dần theo khoảng cách từ các điểm cấp nước này và tạo ra các mô hình hướng tâm của tác động chăn thả ở vùng đồng đều.

Hai kỹ thuật độ chênh lệch chăn thả khác nhau đã được phát triển, phương pháp đàn hồi và phương pháp che phủ trung bình thời kỳ ẩm ướt (Bastin, 2002). Các phương pháp đã được sử dụng ở nước Australia khô hạn và bán khô hạn để đánh giá thoái hoá đất đồng cỏ cây bụi. MGG như được mô tả bởi Pickup và cộng sự (1998), sử dụng mô hình không gian được tạo ra bởi động vật chăn thả như một bộ lọc không gian để phân tách tác động của chăn thả lên lớp phủ thực vật hoặc thay đổi độ che phủ theo thời gian so với các yếu tố khác. Sau đây là hai ví dụ nghiên cứu.

Bastin và cộng sự (1993) đã tiến hành đánh giá thoái hoá đất ở miền trung Australia. Họ nhằm mục đích tìm các kỹ thuật chính xác và có thể lặp lại có khả năng tách biệt tác động chăn thả khỏi cả sự biến đổi theo mùa và sự không đồng nhất cảnh quan tự nhiên vì việc quan trắc đất đồng cỏ cây bụi bằng các phương pháp trên mặt đất gặp nhiều khó khăn. Nghiên cứu đã phân tích toàn bộ cảnh quan chăn thả bằng cách sử dụng dữ liệu nhận được từ xa và phương pháp độ chênh lệch chăn thả tách biệt ảnh hưởng của chăn thả khỏi biến đổi tự nhiên. Thăm thực vật tăng trên toàn bộ cảnh quan sau mưa và mức độ phục hồi của thảm thực vật trong vùng lân cận các điểm cấp nước (Bastin và cộng sự, 1993). Lượng mưa đáng kể được xác định cho từng hệ thống đất được lập bản đồ. Hơn nữa, nghiên cứu sử dụng chỉ số suy giảm sự tạo thành lớp phủ tính bằng phần trăm, cho phép so sánh ảnh hưởng của quản lý chăn thả trên các hệ thống đất (và bãi cỏ). Các hệ thống đất có tỷ lệ cao thức ăn thô xanh có giá trị chỉ số cao và bị ảnh hưởng bất lợi nhất bởi chăn thả (Bastin và cộng sự, 1993). Động vật luôn nhắm mục tiêu vào khu vực có thức ăn thô xanh.

Trong một nghiên cứu khác, phương pháp này (GGM) cũng đã được sử dụng để xác định các xu hướng về tình trạng của các đất đồng cỏ cây bụi khô hạn và bán khô hạn trong một hoặc hai thập kỷ (Pickup và cộng sự, 1998). Bước đầu tiên của nghiên cứu này là một mô tả ngắn gọn về các kỹ thuật lọc không gian được sử dụng trong phương pháp GGM. Sau đó, những thay đổi theo thời gian trong lớp phủ thực vật đã được kiểm tra và cách phản ứng của thảm thực vật với lượng mưa có thể được sử dụng như một biến số cho quy trình lọc để xác định xu hướng về mức độ thoái hoá hoặc phục hồi theo thời gian (Pickup và cộng sự, 1998).

Phương pháp này sau đó được áp dụng cho một số bãi cỏ lớn hoặc đơn vị chăn thả ở miền trung Australia, nơi một loại thay đổi cụ thể có thể được suy ra từ thông tin lịch sử vì những thay đổi trong chế độ quản lý. Ngoài ra, Pickup và cộng sự (1998) cũng cho thấy phương pháp có thể thay đổi như thế nào khi các bãi cỏ không đủ lớn để xác định một vùng tiêu chuẩn cách xa điểm cấp nước. Tuy nhiên, trong hầu hết các trường hợp, nghiên cứu tập trung vào các loại cảnh quan hầu như phù hợp cho chăn thả vì ở đây, sự thoái hoá và phục hồi có thể rất rõ ràng. Nghiên cứu kết luận rằng GGM có hiệu quả khi so sánh với việc lấy mẫu thực vật trên mặt đất thông thường cũng đã được sử dụng ở Úc. Phương pháp phát hiện xu hướng này có khả năng ứng dụng rộng rãi các vùng đồng cỏ cây bụi của Úc nhưng không hy vọng thực hiện ở những vùng có lượng

mưa cao hơn ở miền bắc Australia, nơi chắn thả ít phụ thuộc vào một số lượng nhỏ các điểm cấp nước nhân tạo. Họ cũng tuyên bố rằng các biến thể khác của phương pháp này đã được sử dụng thành công ở các khu vực có lượng mưa trung bình hàng năm dao động từ 150 đến 450 mm/năm.

5. Viễn thám

Theo Lantieri (2003), dữ liệu viễn thám vệ tinh đã có sẵn từ đầu những năm 1970. Số lượng và chất lượng thông tin về độ chính xác quang phổ và không gian đang tăng lên do sự phát triển nhanh chóng của công nghệ thông tin và không gian. Cần lưu ý rằng hầu hết các dữ liệu vệ tinh được cung cấp dưới dạng hình ảnh kỹ thuật số được đặc trưng bởi các mảng điểm ảnh (pixel) được ghi lại trong các dải quang phổ khác nhau từ dải nhìn thấy, gần hồng ngoại, hồng ngoại và vi sóng của phổ điện từ tùy thuộc vào nhiệm vụ. Những dữ liệu này được ghi lại bằng các cảm biến gắn trên vệ tinh có tuổi thọ thường là vài năm (3-5); Dữ liệu vệ tinh có thể so sánh tương đương với các phép đo quang phổ của trái đất và vẫn phức tạp để xử lý và phân tích. Ba đặc điểm thông thường của các dữ liệu này là: độ phân giải không gian (diện tích trên mặt đất được bao phủ bởi một pixel), độ phân giải quang phổ (bước sóng quang phổ được ghi lại bởi các cảm biến) và độ phân giải thời gian (thời gian trôi qua giữa hai đoạn của vệ tinh trên cùng một khu vực).

Ostir và cộng sự (2003) chỉ ra rằng viễn thám đã phát triển như một công cụ quan trọng để đánh giá và giám sát thảm thực vật, xói mòn và sa mạc hóa. Nó có thể cung cấp thông tin định lượng, lặp lại và hiệu quả về chi phí được hiệu chuẩn cho các vùng rộng lớn và có thể liên quan đến dữ liệu thực địa (Graetz, 1987; Pickup, 1989; Tueller, 1987 dẫn theo Jafari và cộng sự, 2008). Viễn thám đã được sử dụng thành công trong đánh giá và giám sát thoái hóa đất trên một loạt các thang đo không gian và thời gian (Bastin và cộng sự, 1993a; Greerken và Ilaiwi, 2004; Pickup và Nelson, 1984; Symeonakis và Drake, 2004; Wessel và cộng sự, 2004, 2007 dẫn theo Jafari và cộng sự, 2008).

Lantieri (2003) đã xem xét tiềm năng của ứng dụng viễn thám không gian cho dự án LADA. Báo cáo này xem xét các nguồn thông tin về bản chất, quy mô, mức độ nghiêm trọng và tác động của thoái hóa đất đối với hệ sinh thái và sinh kế ở vùng đất khô hạn như được đánh giá tiềm năng thông qua viễn thám vệ tinh. Ông đã nhóm dữ liệu viễn thám thành bốn loại: vệ tinh quang dân sự có độ phân giải thấp và trung bình, dữ liệu quang dân sự có độ phân giải cao, dữ liệu quang dân sự có độ phân giải rất cao và dữ liệu radar không gian. Ông nhóm chúng lại vì số lượng lớn các cảm biến hiện có và nhiều đặc điểm khác nhau và kết luận có sáu ứng dụng rộng rãi của viễn thám: sự che phủ đất bao gồm các kiểu thảm thực vật và sự thay đổi của chúng theo thời gian; loại đất đai và cảnh quan; hoạt động và sự sinh trưởng của thảm thực vật; lượng mưa và hạn hán liên quan; loại đất và tình trạng của đất; và các chỉ số dựa trên mô hình khí hậu và sinh thái. Đối với chương trình LADA, viễn thám có thể mang đến những cơ hội lớn nhất để quan sát các đồng cỏ cây bụi vì nó thực hiện tốt việc cảm nhận các sự khác biệt của thảm thực vật.

Ngoài ra, viễn thám cũng có thể cung cấp thông tin hữu ích liên quan đến xói mòn. Việc sử dụng giải đoán ảnh vệ tinh để xác định những thay đổi trong phạm vi che phủ đất cung cấp dự đoán về khả năng xói mòn thay vì đo lường xói mòn thực tế (Þorarinsdottir, 2008). Lantieri (2003) kết luận rằng trong tương lai viễn thám sẽ tăng đáng kể hiệu quả và hiệu quả chi phí, nhưng nó sẽ không bao giờ 'thấy' hay hiểu các yếu tố kinh tế xã hội và văn hóa.

Jafari và cộng sự (2008) đã điều tra việc sử dụng chỉ số độ lệch chuẩn di chuyển (MSDI) được áp dụng cho dữ liệu Landsat TM băng tần 3 để phát hiện và đánh giá các khu vực này ở các đất chắn thả khô cằn của miền nam Australia. Nghiên cứu đã so sánh chỉ số thực vật khác biệt được chuẩn hóa (NDVI) và chỉ số thực vật khoảng cách vuông góc (PD54), sử dụng các chỉ số tham chiếu và cho thấy PD54 phù hợp hơn NDVI trong môi trường khô hạn chiếm ưu thế này.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Arnalds O, Þorarinsson E.F., Metusalemsson S, Jonsson A, Gretarsson E, Arnason A., 2001. Soil Erosion in Iceland. Soil Conservation Services and Agricultural Research Institute. Iceland.
2. Ballayan D., 2000. Soil degradation: Biodiversity and land degradation. ESCAP environment statistics course, FAO, Rome.
3. Beasley D. B., L. F. Huggins, and E. J. Monke, 1980. ANSWERS: A model for watershed planning. Trans. ASAE 23(4): 938-944.
4. Berry L., Olson J., Campbell D., 2003. Assessing the extent, cost and impact of land degradation at national level: Findings and lessons learned from seven pilot case studies. World Bank, internet website: http://info.worldbank.org/etools/snc/doc/t_ecosystem/Cost_%20Land_Degradation_CaseStudies.pdf, accessed July 02, 2008.
5. Bridges E.M., Oldeman L.R., 1999. Global assessment of human-induced soil degradation. Journal of Arid Soil and Rehabilitation 13 (4): 319 – 325.
6. Burning S., Lane A., 2003. Proposed framework for indicators of biodiversity, land and socio- economic condition. Extract of a paper on Selection and Use of Indicators and Methods for Assessing Biodiversity and Land Condition conducted as part of a Stocktaking of Biodiversity Issues in the Context of the Land Degradation Assessment of Drylands (LADA). FAO, Rome.
7. Castro Filho C., Cochrane T.A., Norton L.D., Caviglione J.H., Johansson L.P., 2001. Land degradation assessment: Tools and techniques for measuring sediment load. ird International conference on Land Degradation and Meeting of the IUSS Subcommittee C – Soil and Water Conservation, September 17- 21, 2001. Rio-de Janeiro, Brazil.
8. Cebecauer T., Hoerka J., 2007. The consequences of land-cover changes on soil erosion distribution in Slovakia. Geomorphology 98 (2008) 187 – 198.
9. Davies Jonathan, 2016. Enabling Governance for Sustainable Land Management. In Land Restoration: Reclaiming Landscapes for a Sustainable Future, edited by I. Chabay, M. Frick, and J. Helgeson, 67–76. Elsevier.
10. Dengiz O., Akgul S., 2004. Soil erosion risk assessment of the global environmental protection area and its vicinity using the CORINE model. Turk J Agric For 29 (2005) 439-448.
11. Doğan O., Küçükçakar N., Özel M.E., Yıldırım H., undated. Erosion Risk Mapping of Dalaman Basin Located in West Mediterranean Region using CORINE Method. Ankara. Toprak, internet website: http://www.toprak.org.tr/isd/isd_20.htm, accessed August 20, 2008.
12. de Bei CAJM. 2005. Assessment of soil erosion indicators for maize-based agro-ecosystems in Kenya. Catena 59 (2005) 231–251.
13. ELD, 2015. Economics of Land Degradation Initiative: Report for policy and decision makers. Report for policy and decision makers: Reaping economic and environmental benefits from sustainable land management. Available from www.eld-initiative.org.
14. EUSOILS. 2008. Soil erosion: PESERA and Soil erosion in Alps. EUSOILS, internet website: http://eusoirs.jrc.it/ESDB_Archive/pesera/pesera_download.html, accessed in September 03, 2008.
15. FAO, 2008. An international technical workshop Investing in sustainable crop intensification The case for improving soil health. Integrated Crop Management Vol.6-2008. FAO, Rome: 22-24.
16. FAO. 2003. Data sets, indicators and methods for assessing land degradation in drylands. FAO, internet website: <http://www.fao.org/DOCREP/005/Y4609E/y4609e07.htm#TopOfPage>, accessed August 31,

2008.

15. FAO, 2005. Agro-Ecological Zoning and GIS application in Asia with special emphasis on land degradation assessment in drylands (LADA). Proceedings of a Regional Workshop, Bangkok, Thailand 10–14 November 2003. FAO, internet website: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/misc38e.pdf>, accessed July 1, 2008.
16. Graham O.P., Emery N.A., Johnston D., Pattenmore V.J., Cunningham G.M., 1989. Land Degradation Survey, New South Wales 1987-1988. Soil Conservation Service of New South Wales. Australia.
17. IPBES, 2018. Intergovernmental Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.”
18. IPCC, 2014. Summary for Policymakers. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2009.11.012>.
19. Jafari R., Lewis M.M., Ostendorf B., 2008. An image-based diversity for assessing land degradation in an arid environment in South Australia. *Journal of Arid Environment*. Vol 72, 1282 – 1293.
20. Jones R., Bissonnais Y.L., Diaz J.S., Duwel O., Oygarden L., Prasuhn P.B.V., Yordanov Y., Strauss P., Rydell B., Uveges J.B., Loj G., Lane M., Vandekerckhove L., 2003. EU Soil Erosion Strategy: Technical working group on erosion, Work Package 2: Nature and extent of soil erosion in Europe. Interim report version 3.31, 28 October 2003.
21. Koofhalkan A.P., Lantieri D., Nachtergaele F., 2003. Land Degradation in Drylands (LADA): Guidelines for a methodological approach. FAO, Rome. FAO, internet website: www.fao.org/ag/agl/agll/lada/bckgrdocs.stm, accessed July 20, 2008.
22. Landcare Research, 1996-2008. New Zealand Land Resource Inventory (NZLRI). Landcare Research, internet website: <http://www.landcareresearch.co.nz/databases/nzlri.asp>, accessed August 11, 2008.
23. Lal R., Blum W.E.H., Valentin C. and Stewart B.A., eds. 1997. *Methods for Assessment of Land Degradation*. Boca Raton: CRC.
24. Lantieri D., 2003. Potential use of satellite remote sensing for land degradation assessment in drylands: Application to the LADA project. Environment and Natural Resource Service, SDN, UN/FAO, Rome, 73pp.
25. Ludwig J., Tongway D., Freudenberger D., Noble J., Hodgkinson K., 1997. *Landscape Ecology, Function and Management: Principle from Australia's Rangelands*. CSIRO sustainable ecosystem. Australia.
26. McGarry D., 2004. Final Consultancy Report for FAO on the Development of Methodology of a Visual Soil- Field Assessment Tool – to support and enhance the LADA program. China. FAO, internet website: ftp://ftp.fao.org/agl/agll/lada/vsfast_china.pdf & ftp://ftp.fao.org/agl/agll/lada/vsfast_methodology.pdf, accessed August 25, 2008.
27. Manske L.L., 2002. Grassland Ecosystem Monitoring: A Nonquantitative Procedure for Assessing Rangeland Performance Status. Manuscript. Nodak, internet website: <http://www.ag.ndsu.nodak.edu/dickinso/research/2001/range01j.htm>, Accessed July 25, 2008.
28. Morgan R. P. C., (2001) A simple approach to soil loss prediction: a revised Morgan–Morgan–Finney model. *Catena* 44, pp. 305–322. Available at: www.elsevier.com/locate/catena (Accessed: 14 February 2018).
29. Morgan R. P. C., Morgan D. D. V. and Finney H. J., 1984. A predictive model for the assessment of soil erosion risk, *Journal of Agricultural Engineering Research*. Academic Press, 30, pp. 245–253. doi: 10.1016/S0021-8634(84)80025-6.
30. NAPCOD, 2003. Local Level Monitoring: A tool for improved decision making by farmers in Namibia. Prepared, compiled, laid-out and edited by Kambatuku JR with input from Kruger

- B, Seely MK, //Gaseb N, Montgomery S. Produced by the Communications Unit of the Desert Research Foundation of Namibia (DRFN). DRFN, internet website: <http://www.drfn.org.na/Local%20Level%20Monitoring.pdf>, accessed September 01, 2008.
31. NRC (National Research Council), 1994. Rangeland health: New methods to classify, inventory, and monitor rangelands. National Academy Press, Washington, DC.
 32. Nearing M.A., G.R. Foster, L.J. Lane and S.C. Finkner, 1980. A process-based soil erosion model for USDA-water erosion prediction project technology. *Trans. ASAE* 32: 1587-1593.
 33. Oldeman L. R., R. T. A. Hakkeling, and W. G. Sombroek, 1990. World map of the status of human-induced soil degradation: An explanatory note, revised ed. Wageningen: International Soil Reference and Information Centre. Nairobi: United Nations Environment Programme.
 34. Oldeman L.R., Hakkeling R.T.A., Sombroek W.G., 1991. World map on the status of human induced soil degradation, with explanatory note (second revised edition). ISRIC Wageningen, UNEP, Nairobi.
 35. Ostir K., Veljanovski T., Podobnikar T., Stancic Z., 2003. Application of satellite remote sensing in natural hazard management: e Mount Mangart landslide case study. *International Journal of Remote Sensing* 24(20): 3983–4002.
 36. Pellant M., Shaver P., Pyke D., Herrick J.E., 2005. Interpreting Indicators of Rangeland Health, Version 4. Technical Reference 1734-6. U.S. Department of Interior, Bureau of Land Management, Denver, CO. USDA-ARS, internet website: http://usdaars.nmsu.edu/Monit_Assess/PDF_les/IIRHv4.pdf, accessed July 28, 2008.
 37. Pickup G., Bastin G.N., Chewings V.H., 1998. Identifying trends in land degradation in non- equilibrium rangelands. *Journal of Applied Ecology* 35(1998): 365-377
 38. Ponce-Hernandez R., 2002. Land degradation assessment in drylands: Approach and development of a methodological framework. FAO, internet website: <http://www.fao.org/ag/agl/agll/lada/emailconf.stm>, accessed July 20, 2008.
 39. Þórarinsdóttir E.F., 2008. Personal Communication. Geographer. Soil Conservation Services. Department of Research and GIS. Gunnarsholt, Iceland.
 40. Pyke D.A., Herrick J.E., Shaver P., Pellant M., 2002. Rangeland health attributes and indicators for qualitative assessment. *Journal of Range Management* 55:584–297. USDA – ARS, internet website: http://usda-ars.nmsu.edu/monit_assess/assess_main2.php, accessed on June 28, 2008.
 41. Shrestha D.P., 1997. Assessment of soil erosion in the Nepalese Himalaya: A case study in Likhu Khola Valley, Middle Mountain Region. *Land Husbandry* 2: 59–80.
 42. D.P. Shrestha, J.A. Zinck, E. van Ranst, 2004. Modelling land degradation in the Nepalese Himalaya. *Catena* 57, 135-156.
 43. Snel M., Bot A., 2003. Draft Paper: Suggested indicators for Land Degradation Assessment of Drylands. FAO, Rome.
 44. Stocking M.A., 1981. A working model for the estimation of soil loss suitable for under developed areas. Occasional paper No. 15, November 1981, School of Development Studies, University of East Anglia, UK.
 45. Stringer L.C., Reed M.S., 2006. Land Degradation Assessment in Southern Africa: Integrating Local and Scientific Knowledge bases. *Land Degradation and Development* (in press).
 46. Tongway D., 1994. Rangeland Soil Condition Assessment Manual. CSIRO Australia, Division of Wildlife and Ecology, Canberra, Australia.
 47. Tongway D.J., Hindley N.L., 2004. Landscape Function Analysis: Procedures for Monitoring and Assessing Landscapes. CSIRO Sustainable Ecosystems, Canberra, Australia.
 48. Tongway D., 2005 . Landscape Function Analysis. CSIRO Sustainable Ecosystems –

- CSIRO, internet website: http://www.cse.criso.au/research/efa/lfa_summary.htm, accessed May 5, 2008.
49. Tongway D., 2008. Landscape Function Analysis: An Introduction. PowerPoint Presentation. Windhoek. Namibia.
 50. Toy T.J., Foster G.R., 1998. Guidelines for the Use of the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE) Version 1.06 on Mined Lands, Construction Sites, and Reclaimed lands. Broadway, Suite 3320 Denver.
 51. UNCCD, 2017b. United Nations Convention to Combat Desertification. 2017. The Global Land Outlook, first edition. Bonn, Germany. Available at: https://www.unccd.int/sites/default/files/documents/201709/GLO_Full_Report_low_res.pdf
 52. Van Lynden G.W.J., Liniger H.P and Schwilch G., 2002: The WOCAT map methodology, a standardized tool for mapping degradation and conservation. Proceedings of ISCO Conference 2002, Vol. IV, p 11 – p 16, Beijing.
 53. Van Lynden G.W.J (Ed.), Mantel S, van Oostrum A., 2004. Guiding Principles for the Qualitative Assessment of Soil Degradation: With a focus on salination, nutrient decline and soil pollution. FAO, internet website: <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/misc36e.pdf>, accessed July 02, 2008).
 54. Yoder D.C., Foster G.A., Weesies K.G., McCool D.K., Lown J.B., 2004. Evaluation of the RUSLE Soil Erosion Model. Contribution of the University of Tennessee Agricultural Experiment Station, USDA-ARS, and USDA-NRCS.
 55. Young R.A., C.A. Onstad, D.D. Bosch, W.P. Anderson, 1987: AGNPS, Agricultural Non-Point Source Pollution Model - A Watershed Analysis Tool. United States Department of Agriculture, Conservation Research Report 35: 80 p.