

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO
TRƯỜNG ĐẠI HỌC NÔNG LÂM THÀNH PHỐ HỒ CHÍ MINH



KHÓA LUẬN TỐT NGHIỆP

ỨNG DỤNG GIS VÀ SWAT HỖ TRỢ CÔNG TÁC
ĐỀ XUẤT QUY HOẠCH SỬ DỤNG ĐẤT CHO
LƯU VỰC SÔNG ĐAK BLA, KON TUM

Họ và tên sinh viên: NGUYỄN KIỀU MINH THÔNG

Ngành: Hệ thống Thông tin Môi trường

Niên khóa: 2010 – 2014

Tháng 6/2014

ỨNG DỤNG GIS VÀ SWAT HỖ TRỢ CÔNG TÁC ĐỀ XUẤT QUY HOẠCH SỬ DỤNG ĐẤT CHO LƯU VỰC SÔNG ĐAK BLA, KON TUM

Tác giả

NGUYỄN KIỀU MINH THÔNG

Khóa luận được đệ trình để đáp ứng yêu cầu
cấp bằng Kỹ sư ngành Hệ thống Thông tin Môi trường

Giáo viên hướng dẫn:

Giáo viên hướng dẫn:

PGS.TS NGUYỄN KIM LỢI

KS LÊ HOÀNG TÚ

Tháng 6 năm 2014

LỜI CẢM ƠN

Trước tiên, tôi xin chân thành cảm ơn thầy PGS.TS Nguyễn Kim Lợi, thầy KS Lê Hoàng Tú cùng các thầy cô công tác tại Trung tâm nghiên cứu biến đổi khí hậu trường Đại học Nông Lâm Hồ Chí Minh, những người đã hướng dẫn tôi hoàn thành báo cáo tốt nghiệp. Cảm ơn quý thầy cô đã tận tình chỉ bảo, hỗ trợ và động viên tôi trong suốt thời gian qua.

Tôi xin gửi lời tri ân sâu sắc đến tất cả quý thầy cô Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh. Cảm ơn quý thầy cô về những kiến thức và giúp đỡ chân tình đã dành cho tôi trong bốn năm học tập tại trường.

Cuối cùng, con xin nói lời biết ơn sâu sắc đối với cha mẹ đã chăm sóc, nuôi dạy con thành người và luôn động viên tinh thần cho con để con yên tâm học tập.

Tp. Hồ Chí Minh, Tháng 06/2014

Nguyễn Kiều Minh Thông

Bộ môn Tài nguyên và GIS

Khoa Môi trường & Tài nguyên

Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh

TÓM TẮT

Xói mòn và bồi lắng là các hiện tượng tự nhiên gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến đời sống dân cư và môi trường sinh thái. Xói mòn và bồi lắng chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố trong đó có lớp phủ bề mặt bao gồm thực phủ và các loại che phủ khác như đất xây dựng, khu dân cư... Việc quy hoạch sử dụng đất đã góp phần làm thay đổi lớp phủ bề mặt đất góp phần làm ảnh hưởng đến hiện trạng xói mòn và bồi lắng của khu vực. Điều này đòi hỏi cần phải có công cụ hữu hiệu để đánh giá ảnh hưởng của việc quy hoạch sử dụng đất đến hiện trạng xói mòn và bồi lắng ở địa phương. Nhằm mục tiêu đánh giá ảnh hưởng của việc quy hoạch sử dụng đất đến xói mòn và bồi lắng lưu vực sông Đak Bla tỉnh Kon Tum để phục vụ định hướng phát triển bền vững kinh tế - xã hội tỉnh, đề tài “Ứng dụng GIS và SWAT hỗ trợ công tác đề xuất quy hoạch sử dụng đất cho lưu vực sông Đak Bla, tỉnh Kon Tum” được thực hiện.

Đề tài được nghiên cứu dựa trên cơ sở các lý thuyết tổng quan có liên quan đến đề tài như tổng quan khu vực nghiên cứu, tổng quan xói mòn và bồi lắng, tổng quan SWAT cũng như cách tính xói mòn bồi lắng của mô hình, tổng quan các đề tài nghiên cứu liên quan. Phương pháp tiến hành nghiên cứu là ứng dụng GIS và mô hình SWAT để xây dựng các kịch bản trong đánh giá mức độ xói mòn bồi lắng trên lưu vực theo quy hoạch sử dụng đất của tỉnh Kon Tum đến năm 2020. Kết quả nghiên cứu cho thấy có sự chênh lệch lớn về lượng bồi lắng giữa giữa 2 kịch bản: Kịch bản 1 lượng bồi lắng đạt 21.964.060,2 tấn(giai đoạn 2005 – 2010), Kịch bản 2 lượng bồi lắng là 509.959.470 tấn(giai đoạn 2015 – 2020). Trên cơ sở đó ta đề xuất một số biện pháp bảo vệ nguồn tài nguyên đất, làm giảm lượng bồi lắng trong lưu vực. Đề tài được thực hiện và hoàn thành tại Trung tâm nghiên cứu biến đổi khí hậu trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh, thời gian từ 27/02/2014 đến 31/5/2014.

MỤC LỤC

	Trang
LỜI CẢM ƠN.....	ii
TÓM TẮT.....	iii
MỤC LỤC	iv
DANH MỤC VIẾT TẮT.....	vii
DANH MỤC HÌNH ẢNH.....	viii
DANH MỤC BẢNG BIỂU.....	x
CHƯƠNG 1. MỞ ĐẦU	1
1.1 Đặt vấn đề.....	1
1.2 Mục tiêu nghiên cứu	2
1.3 Giới hạn đề tài	2
CHƯƠNG 2. TỔNG QUAN	3
2.1 Khu vực nghiên cứu.....	3
2.1.1 Vị trí địa lý.....	3
2.1.2 Địa hình	4
2.1.3 Khí hậu – thủy văn.....	4
2.1.4 Điều kiện kinh tế - xã hội	7
2.2 Khái quát về xói mòn đất.....	8
2.2.1 Định nghĩa xói mòn đất	8
2.2.2 Các kiểu xói mòn chính	8
2.2.3 Tiến trình xói mòn đất	9
2.2.4 Các yếu tố ảnh hưởng đến xói mòn đất	10
2.3 Sự bồi lắng.....	14
2.3.1 Định nghĩa	14
2.3.2 Quá trình hình thành.....	15
2.3.3 Ảnh hưởng của bồi lắng	15

2.4 Mô hình SWAT	16
2.4.1 Tổng quan về mô hình SWAT.....	16
2.4.2 Quá trình phát triển của SWAT	17
2.4.3 Nguyên lý mô phỏng của SWAT	20
2.4.4 Tiến trình mô phỏng SWAT.....	22
2.5 Tổng quan các công trình nghiên cứu xói mòn – bồi lắng trên thế giới và ở Việt Nam.....	24
2.5.1 Trên thế giới	24
2.5.2 Tại Việt Nam	26
CHƯƠNG 3. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU	29
3.1 Nội dung nghiên cứu	29
3.2 Phương pháp nghiên cứu	29
3.2.1 Thu thập dữ liệu – tài liệu.....	30
3.2.2 Xử lý dữ liệu.....	31
3.2.3 Tiến trình ứng dụng mô hình SWAT	33
3.2.4 Đánh giá độ chính xác	35
3.3 Cơ sở tính toán xói mòn bồi lắng trong mô hình SWAT	36
CHƯƠNG 4. KẾT QUẢ - THẢO LUẬN.....	38
4.1 Bộ cơ sở dữ liệu đầu vào cho mô hình SWAT tại lưu vực sông Đak Bla.....	38
4.1.1 Dữ liệu DEM	38
4.1.2 Dữ liệu sử dụng đất.....	39
4.1.3 Dữ liệu đất	41
4.1.4 Dữ liệu khí tượng – thủy văn.....	43
4.2 Kết quả mô phỏng tính toán xói mòn bồi lắng	45
4.2.1 Giai đoạn từ 2005 – 2010	45
4.2.2 Giai đoạn 2015 – 2020.....	48
4.3 Đánh giá xói mòn – bồi lắng giữa hai giai đoạn.....	49
4.4 Đề xuất giải pháp hỗ trợ công tác đề xuất quy hoạch sử dụng đất.....	50
4.4.1 Tăng thảm phủ thực vật.....	50
4.4.2 Cân bằng lợi ích kinh tế và môi trường.....	53

4.4.3 Quá trình đô thị hóa	54
4.4.4 Một số biện pháp hạn chế xói mòn bồi lắng khác	54
4.5 Mối liên hệ giữa thay đổi sử dụng đất đến lượng bồi lắng.....	55
CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ.....	56
5.1 Kết luận.....	56
5.2 Kiến nghị	56
TÀI LIỆU THAM KHẢO	58

DANH MỤC VIẾT TẮT

GIS	Geography Information System (Hệ thống thông tin địa lý)
SWAT	Soil and Water Assessment Tool (Công cụ đánh giá đất và nước)
DEM	Digital Elevation Model (Mô hình độ cao số)
FAO	Food and Agriculture Organization (Tổ chức Nông Lương Liên Hiệp Quốc)
USDA	United States Department of Agriculture (Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ)
SCS	Soil Conservation Service (Dịch vụ bảo tồn đất trực thuộc USDA)
USGS	United States Geological Survey (Cục địa chất Hoa Kỳ)
USLE	Universal Soil Loss Erosion (Phương trình mất đất toàn cầu)
RUSLE	Revised Universal Soil Loss Erosion (Phương trình mất đất toàn cầu đã hiệu chỉnh)
A/H	Ảnh hưởng

DANH MỤC HÌNH ẢNH

	Trang
Hình 2.1. Vị trí địa lý lưu vực sông Đak Bla.....	3
Hình 2.2. Đồ thị trạm khí tượng Kon Tum từ năm 2005-2010.....	5
Hình 2.3. Các loại xói mòn do tác nhân thể lỏng.....	8
Hình 2.4. Tiến trình xói mòn đất.....	10
Hình 2.5. Các nhân tố ảnh hưởng đến xói mòn đất.....	10
Hình 2.6. Tiến trình tác động của hạt mưa đến xói mòn đất.....	11
Hình 2.7. Mối quan hệ giữa độ che phủ và xói mòn đất.....	13
Hình 2.8. Bồi lắng do xói mòn trên lưu vực sông Đak Bla, Kon Tum.....	15
Hình 2.9. Sơ đồ phát triển của mô hình SWAT.....	18
Hình 2.10. Sơ đồ chu trình thủy văn trong pha đất.....	20
Hình 2.11. Sơ đồ các quá trình diễn ra trong dòng chảy.....	21
Hình 2.12. Vòng lặp HRU/tiểu lưu vực.....	22
Hình 2.13. Tiến trình mô phỏng SWAT.....	23
Hình 3.1. Sơ đồ tiếp cận.....	30
Hình 3.2. Quy trình xử lý dữ liệu DEM.....	31
Hình 3.3. Quy trình xử lý dữ liệu sử dụng đất.....	32
Hình 3.4. Quy trình xử lý dữ liệu thời tiết.....	32
Hình 3.5. Quy trình chạy SWAT đánh giá xói mòn – bồi lắng lưu vực Đak Bla, Kon Tum.....	34
Hình 3.6. Mô phỏng lượng bồi lắng trong mô hình SWAT.....	37
Hình 4.1. Bản đồ độ cao số lưu vực sông Đak Bla.....	39
Hình 4.2. Bản đồ sử dụng đất năm 2010 trên lưu vực sông Đak Bla tỉnh Kon Tum....	40
Hình 4.3. Bản đồ sử dụng đất dự kiến tại lưu vực sông Đak Bla tỉnh Kon Tum năm 2020.....	41
Hình 4.4. Bản đồ đất lưu vực sông Đak Bla, Kon Tum.....	43

Hình 4.5. Vị trí các trạm khí tượng thủy văn để mô phỏng xói mòn bồi lắng lưu vực sông Đak Bla, Kon Tum.....	45
Hình 4.6. Lượng bồi lắng trên lưu vực sông Đak Bla giai đoạn 2005-2010...	46
Hình 4.7. Lượng bồi lắng trên lưu vực sông Đak Bla giai đoạn 2015-2020...	47
Hình 4.8. Biểu đồ kiểm chứng lưu lượng dòng chảy đầu ra của lưu vực sông Đak Bla trong mô hình SWAT bằng phần mềm SWAT – CUP.....	48
Hình 4.9. So sánh lượng bồi lắng trung bình giữa giai đoạn 2005 - 2010 và giai đoạn 2015 – 2020.....	49
Hình 4.10. Bản đồ phân định các tiểu lưu vực trên lưu vực Đak Bla tỉnh Kon Tum...	50
Hình 4.11. So sánh lượng bồi lắng giữa kịch bản giữ nguyên diện tích rừng và kịch bản theo quy hoạch giai đoạn 2015 – 2020.....	51
Hình 4.12. So sánh lượng bồi lắng giữa giai đoạn 2005 - 2010 và giai đoạn 2020 theo kịch bản giữ nguyên diện tích rừng.....	52
Hình 4.13. So sánh lượng bồi lắng giữa kịch bản giữ nguyên diện tích rừng phủ xanh đồi trọc và kịch bản theo quy hoạch giai đoạn 2015 – 2020.....	53
Hình 4.14. So sánh lượng bồi lắng giữa giai đoạn 2005 - 2010 và giai đoạn 2015 - 2020 theo kịch bản giữ nguyên diện tích rừng kết hợp phủ xanh đồi trọc.....	53

DANH MỤC BẢNG BIỂU

	Trang
Bảng 2.1. Đặc trưng các nhánh sông của lưu vực sông Đak Bla.....	6
Bảng 2.2. Ảnh hưởng của độ dốc đến xói mòn đất.....	12
Bảng 2.3. Tổng hợp một số phương pháp đánh giá xói mòn trên thế giới.....	25
Bảng 3.1. Các dữ liệu cần thiết cho đề tài.....	31
Bảng 4.1. Tỷ lệ các loại đất trong lưu vực Đak Bla.....	42
Bảng 4.2. Đặc trưng địa lý của các trạm quan trắc khí tượng.....	44
Bảng 4.3 Diện tích rừng và lượng bồi lắng theo các kịch bản quy hoạch sử dụng đất khác nhau năm 2020 trên địa bàn lưu vực sông Đak Bla tỉnh Kon Tum.....	45

CHƯƠNG 1. MỞ ĐẦU

1.1 Đặt vấn đề

Hiện nay việc quy hoạch sử dụng đất không hợp lý trên thế giới và trong nước đã và đang góp phần làm suy thoái lưu vực mà một trong những hậu quả là xói mòn đất và sự bồi lắng dòng chảy làm ảnh hưởng không nhỏ đến đời sống của cộng đồng dân cư sống trên lưu vực và vùng hạ lưu cũng như ảnh hưởng đến môi trường sinh thái của khu vực. Có rất nhiều nguyên nhân làm cho lưu vực suy thoái, nhưng quan trọng nhất là việc sử dụng không hợp lý tài nguyên trong lưu vực, trong số các tài nguyên thì việc sử dụng đất được xem là quan trọng nhất. Sự thay đổi các kiểu sử dụng đất có ý nghĩa rất lớn ảnh hưởng đến lưu lượng dòng chảy, xói mòn đất và đến việc chuyển biến khí hậu (Nguyễn Duy Liêm, 2013). Vì vậy việc đánh giá ảnh hưởng của việc quy hoạch sử dụng đất đến sự suy thoái lưu vực nói chung và hiện trạng xói mòn và bồi lắng khu vực nói riêng là một vấn đề cấp thiết trong phát triển bền vững của khu vực.

Có hai phương pháp chính để đánh giá xói mòn bồi lắng là phương pháp thực nghiệm và phương pháp mô hình toán. Ưu điểm của phương pháp mô hình toán là ít tốn chi phí, có thể mô phỏng được trên khu vực rộng lớn hoặc hiểm trở và trên hết là có thể hỗ trợ dự báo tương lai. Phương pháp mô hình toán nổi bật có mô hình thủy văn có thể mô phỏng được lượng xói mòn và bồi lắng theo ranh giới lưu vực và có độ chính xác khá cao (Nguyễn Trường Ngân, 2012). Có nhiều mô hình thủy văn khác nhau phục vụ cho việc nghiên cứu đánh giá xói mòn đất và bồi lắng. Trong đó SWAT là một mô hình được sử dụng phổ biến và mang lại hiệu quả cao nhất khi nghiên cứu về quá trình xói mòn đất (Arnold và ctv, 1998). Ngoài ra SWAT còn được ứng dụng rộng rãi trong việc quản lý bền vững tài nguyên thiên nhiên và môi trường (Garritty, D.P. 1995; L. V. Du. 2011; N.K. Loi và ctv, 2011).

Lưu vực sông Đak Bla thuộc địa bàn tỉnh Kon Tum có chiều dài khoảng 110, 6 km chảy theo hướng Tây Trường Sơn từ địa phận huyện Kon Plong tỉnh Kon Tum chảy ngược theo hướng về thành phố Kon Tum. Do ảnh hưởng của việc khai thác đá, cát, rừng bừa bãi cũng như hậu quả của việc xây dựng đập thủy điện Yaly nên hiện

trạng xói mòn đất và ở đây diễn ra phức tạp gây nên hậu quả nghiêm trọng cho đời sống của người dân cũng như ảnh hưởng đến hệ sinh thái nơi đây. Tình hình diễn biến thiên tai trên địa bàn tỉnh ngày càng diễn ra phức tạp điển hình như các vụ sạt lở đất do xói mòn gây ra làm chôn vùi hàng nghìn hecta rừng, cây cối hoa màu cũng như các khu dân cư trong lưu vực. Xói mòn còn suy giảm tính chất đất và làm giảm diện tích cây trồng trên địa bàn. Trầm tích do xói mòn góp phần làm bồi tụ lòng sông và hồ do vận chuyển các hạt từ nơi này đến nơi khác từ đó làm suy giảm khả năng chứa nước của sông hồ. Chính vì những thiệt hại to lớn nói trên mà đặt ra yêu cầu bức bách phải có nghiên cứu đánh giá xói mòn bồi lắng để ngăn ngừa và giảm thiểu những hậu quả của xói mòn đến đời sống kinh tế - xã hội tỉnh.

Xuất phát từ các lý do trên nên đề tài “Ứng dụng GIS và SWAT hỗ trợ công tác đề xuất quy hoạch sử dụng đất cho lưu vực sông Đak Bla, Kon Tum” được thực hiện.

1.2 Mục tiêu nghiên cứu

Ứng dụng GIS và mô hình SWAT đánh giá ảnh hưởng của việc quy hoạch sử dụng đất đến xói mòn và bồi lắng lưu vực sông Đak Bla, tỉnh Kon Tum nhằm phục vụ định hướng phát triển bền vững kinh tế - xã hội tỉnh, với các mục tiêu chi tiết :

- Xây dựng các lớp dữ liệu đầu vào cho mô hình SWAT.

- Tính toán và mô phỏng lượng bồi lắng trên lưu vực sông Đak Bla, tỉnh Kon Tum năm 2010 và năm 2020.

- Đánh giá mức độ xói mòn và bồi lắng trên lưu vực sông Đak Bla tỉnh Kon Tum tại thời điểm năm 2010 và năm 2020.

- Đề xuất giải pháp hạn chế xói mòn và bồi lắng hỗ trợ công tác quy hoạch sử dụng đất trên lưu vực sông Đak Bla.

1.3 Giới hạn đề tài

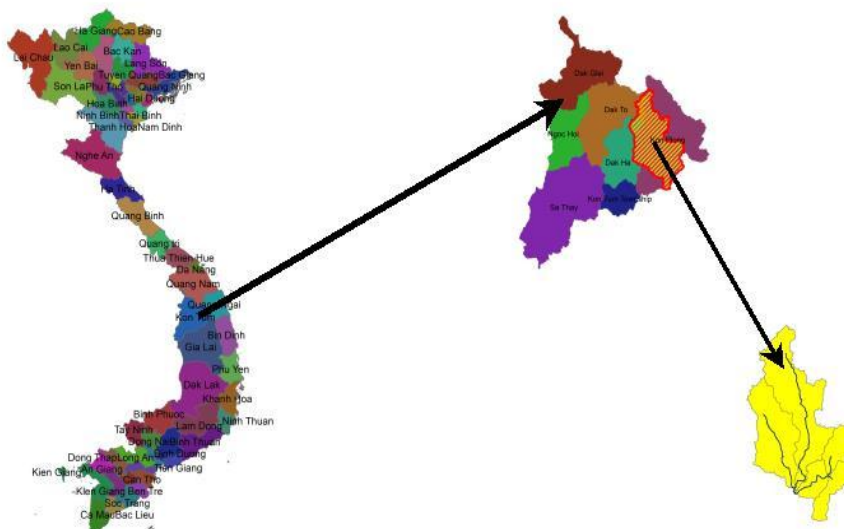
Do hạn chế về thời gian (4 tháng) và nguồn lực nên trong đề tài em chỉ xét tác nhân gây xói mòn chủ yếu là do nước và giới hạn phạm vi khu vực nghiên cứu là lưu vực sông Đak Bla trên địa bàn tỉnh Kon Tum.

CHƯƠNG 2. TỔNG QUAN

2.1 Khu vực nghiên cứu

2.1.1 Vị trí địa lý

Sông Đak Bla là nhánh sông lớn cấp I nằm ở phía Đông-Đông Nam tỉnh Kon Tum bắt nguồn từ núi Ngọc Cơ Rinh (cao 2.039 m) chảy theo hướng Đông Bắc-Tây Nam hợp lưu với sông Sê San nơi cách Yaly 16km về phía hạ lưu. Sông có chiều dài 110, 6 km, diện tích lưu vực là 1.239 km². Sông Đak Bla có lưu lượng trung bình năm tính theo thủy điện Thượng Kon Tum là khoảng 15, 2 m³. Phía Bắc giáp với hệ thống sông Thu Bồn phía Đông giáp với hệ thống sông Ba, phía Nam là hạ lưu sông Sê San. Trong khuôn khổ đề tài ta chỉ xét đến lưu vực sông Đak Bla nằm trên khu vực tỉnh Kon Tum (phần diện tích chảy qua huyện Kon Rẫy, huyện Kon Plong và một số xã của huyện Đak Hà).



Hình 2.1. Vị trí địa lý lưu vực sông Đak Bla

2.1.2 Địa hình

Lưu vực Đak Bla nằm ở phía Tây dãy Trường Sơn ở độ cao từ 558 – 2039 m. Đặc điểm địa hình đặc trưng là thấp dần từ Đông Bắc xuống Tây Nam. Địa hình trong lưu vực tính trong tỉnh Kon Tum có thể chia thành 3 dạng chủ yếu sau:

- Địa hình núi trung bình và núi cao: phân bố ở phía bắc phần lưu vực trong tỉnh Kon Tum. Độ dốc lớn bình quân từ 15° trở lên bao gồm những núi cao liên dải phân cắt hiểm trở mặt địa hình tạo thành các thung lũng và khe suối. Các núi được tạo thành bởi đá biến chất cổ nên có dạng khối.

- Dạng địa hình núi thấp: phân bố ở trung tâm phần lưu vực trong tỉnh Kon Tum. Độ dốc bình quân $15 - 20^{\circ}$. Được hình thành từ các đồi trầm tích neogen và đá bazan, biến chất; mức độ chia cắt vừa đến mạnh.

- Dạng địa hình thung lũng và máng trũng: phân bố ở phía Nam phần lưu vực trong tỉnh Kon Tum. Độ dốc bình quân từ $10 - 15^{\circ}$. Được hình thành từ các địa hình bóc mòn ven sông; địa hình có hình lòng máng thấp dần về phía Tây Nam.

2.1.3 Khí hậu – thủy văn

2.1.3.1 Khí hậu

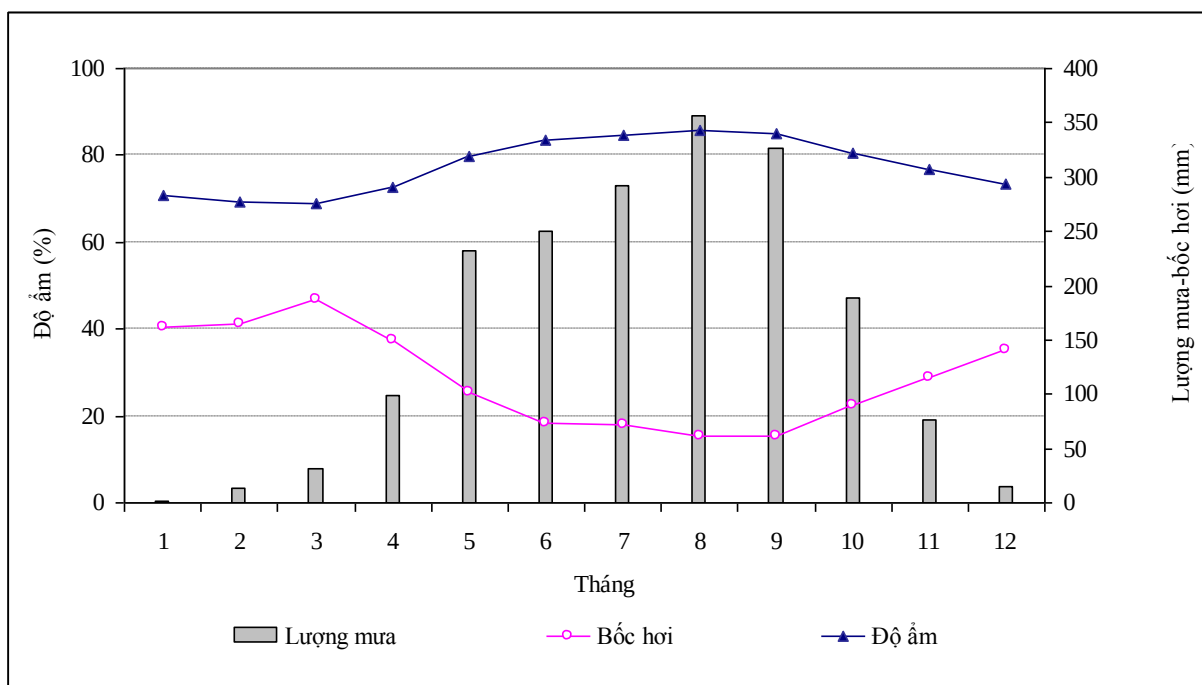
Lưu vực Đak Bla có khí hậu cao nguyên nhiệt đới gió mùa năm với hai mùa rõ rệt: mùa mưa từ tháng 5 đến tháng 10 và mùa khô từ tháng 11 đến tháng 4 năm sau. Trên lưu vực, mùa Đông bắt đầu từ tháng 11 đến tháng 3. Mùa Hạ bắt đầu từ tháng 5 và kết thúc vào tháng 9 hoặc tháng 10. Lượng mưa trung bình hằng năm vào loại trung bình khoảng 2.121 mm, lượng mưa năm cao nhất 2.260 mm, năm thấp nhất 1.234 mm, tháng có lượng mưa cao nhất là tháng 8, tháng 9.

Trên lưu vực Đak Bla hướng gió thay đổi theo mùa và có đặc điểm của gió mùa Đông Nam Á. Hướng gió thịnh hành là hướng Tây và hướng Đông với tần suất xuất hiện khoảng $28 \div 36\%$. Hướng Bắc và Nam xuất hiện ít khoảng $1 \div 2\%$.

Độ ẩm trung bình hàng năm đạt khoảng 78 - 87%. Tháng có độ ẩm không khí cao nhất là tháng 8 - 9 (khoảng 90%), tháng thấp nhất là tháng 3 (khoảng 66%).

Tổng lượng bốc hơi trung bình hằng năm đo được tại trạm Kon Tum là 940 mm/năm. Lượng bốc hơi lớn nhất đo được vào tháng 2, tháng 3 và nhỏ nhất vào các tháng mùa mưa.

Tổng lượng bức xạ hằng năm khá lớn đạt 220-204Kcal/cm² dẫn tới cân bằng bức xạ cả năm đạt 95-115 Kcal/cm² ảnh hưởng đến tình trạng sản xuất nông nghiệp cũng như phân bố thực vật tỉnh. Số giờ nắng trung bình năm đo được tại trạm Kon Tum đạt 2100-2400 h/năm.



Hình 2.2. Đồ thị trạm khí tượng Kon Tum từ năm 2005-2010

(Nguồn: Nguyễn Bách Thắng và ctv, 2010)

2.1.3.2 Thủy văn

Hệ thống sông Đak Bla gồm sông chính Đak Bla, các sông Đak Ne, Đak Pơ ne và các suối nhánh; hướng chảy chính là Đông Bắc – Tây Nam, đổ vào sông Sê San chảy qua địa phận tỉnh Gia Lai sang Cam Pu Chia. Lưu vực Đak Bla có độ cao nguồn sông là 1.650m, tại vị trí hợp lưu vào sông Sê San có độ cao là 1.100m. Tổng lượng dòng chảy năm của lưu vực Đak Bla khoảng $2.804.529.10^6$ m³ chiếm 32, 43% tổng lượng dòng chảy năm của tỉnh. Đổ vào Đak Bla có 18 nhánh sông suối chính, có độ dài đa số từ 10 – 70 km. Những suối lớn nhất là Đak Akol, Đak Pơ Ne, Ia Krom với tổng diện tích lưu vực chiếm 60% diện tích lưu vực sông Đak Bla. Mật độ mạng lưới

sông Đak Bla là 0,49km/km² với hệ số uốn khúc là 2, 03; độ dốc trung bình lòng sông chính là 4%.

Trên lưu vực sông Đak Bla có lượng mưa năm bình quân lưu vực là 2.121 mm, sinh ra lượng dòng chảy năm $Q_0 = 98, 5\text{m}^3/\text{s}$, mô số dòng chảy năm $M_0 = 32, 3\text{l/s/km}^2$, chiếm 24, 1% so với toàn lưu vực Sê San.

Mùa khô trên lưu vực Đak Bla có lượng mưa rất nhỏ chiếm từ 10 ÷ 15% lượng mưa của cả năm trong đó có 3 tháng kiệt nhất là tháng 2, 3, 4 chỉ chiếm có 10% lượng nước cả năm.

Bảng 2.1. Đặc điểm các nhánh sông của lưu vực sông Đak Bla

TT	Sông	Độ cao nguồn sông (m)	Độ dài sông chính (km)	Độ cao TB lưu vực (m)	Độ rộng TB lưu vực (km)	Độ dốc TB lưu vực (%)	Mật độ lưới sông (km/km ²)
1	Sông Đak Pơ Ne	1150	35	1050	37	15,7	0,58
2	Sông Đak Ne	1500	55	1100	25	15,2	0,66
3	Sông Đak Bla	1200	81.2	700	41	10,5	0,41
4	Suối Đak Le	1040	40	725	22	12,4	0,31
5	Suối Đak Kấm	1040	18	715	23	13,1	0,55
6	Suối Chả Mon	820	12	725	27	14,3	0,37
7	Suối Đak Tcha	1000	15	715	49	11,6	0,45
8	Suối Đak Kenor	1150	10	705	31	13,2	0,61

(Nguồn: Nguyễn Bách Thắng và ctv, 2010)

2.1.4 Điều kiện kinh tế - xã hội

Lưu vực sông Đak Bla nằm trong địa bàn huyện Kon Rẫy, Kon Plong và một số xã của huyện Đak Hà; tổng cộng khoảng 74.344 người (Niên giám thống kê 2010). Mật độ phân bố dân cư không đồng đều, ở thị trấn có mật độ dân cư đông, càng về vùng nông thôn mật độ dân cư càng thưa.

Lưu vực Đak Bla là nguồn cung cấp nước thủy lợi cũng như thủy điện lớn cho tỉnh Kon Tum cũng như các tỉnh lân cận. Lưu vực có lợi thế quốc lộ 14 thông thương với tỉnh Gia Lai cũng như là khu kinh tế chủ đạo của tỉnh.

Kết cấu hạ tầng: Lưu vực sông Đak Bla nằm cạnh thành phố Kon Tum là trung tâm kinh tế chính trị của tỉnh là điểm nút của các hệ thống giao thông đến và đi cụ thể có đường Hồ Chí Minh nối với các tỉnh Tây Nguyên, Quảng Nam; quốc lộ 24 đi Quảng Ngãi; quốc lộ 40 đi Atôpư (Lào). Mạng lưới giao thông của thành phố và các đường liên huyện, liên xã ... cơ bản đáp ứng được nhu cầu đi lại và vận chuyển hàng hoá của nhân dân.

Nằm ở vị trí chiến lược Bắc Tây Nguyên, nơi có các trục giao thông giao lưu của 3 nước Việt Nam – Lào – Campuchia, có Cửa khẩu quốc tế Bờ Y đang mở ra nhiều triển vọng về dịch vụ, phát triển kinh tế và giao lưu quốc tế.

Các lĩnh vực kinh tế thế mạnh của lưu vực sông Đak Bla nói riêng là trồng cây công nghiệp(cà phê,cao su,...), chế biến nông, lâm sản; công nghiệp thủy điện; công nghiệp vật liệu xây dựng; công nghiệp khai khoáng; du lịch và dịch vụ(đặc biệt là du lịch sinh thái)....Trong các ngành trên thì thủy điện là ngành phát triển mạnh mẽ nhất với khoảng 10 thủy điện trên hệ thống sông Đak Bla, trong đó có những thủy điện có công suất lớn như thủy điện Ya Ly, thủy điện Thượng Kon Tum.

Về du lịch rất phong phú và đa dạng, có nhiều di tích lịch sử như Ngục Kon Tum, Nhà thờ Kon Tum,...Trong đó đặc biệt là nhất phải kể đến là khu du lịch sinh thái Măng Đen được bổ sung vào quy hoạch du lịch quốc gia và là một trong ba vùng động lực lớn của tỉnh (bên cạnh Khu kinh tế cửa khẩu Bờ Y và TP Kon Tum)

2.2 Khái quát về xói mòn đất

2.2.1 Định nghĩa xói mòn đất

Xói mòn đất có nhiều định nghĩa khác nhau như:

Ellison (1944): "Xói mòn là hiện tượng di chuyển đất bởi nước mưa, bởi gió dưới tác động của trọng lực lên bề mặt của đất. Xói mòn đất được xem như là một hàm số với biến số là loại đất, độ dốc địa hình, mật độ che phủ của thảm thực vật, lượng mưa và cường độ mưa".

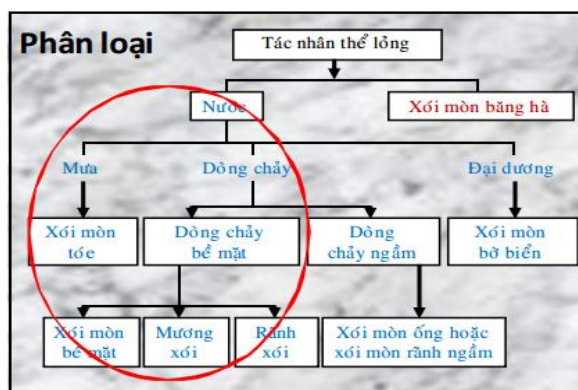
Rattan Lal (1990): "Xói mòn đất là sự mang đi lớp đất mặt do nước chảy, tuyết hoặc các tác nhân địa chất khác bao gồm cả các quá trình sạt lở do trọng lực".

FAO (1994): "Xói mòn là hiện tượng các phần tử mảnh, cục và có khi cả lớp bề mặt đất bị bào mòn, cuốn trôi do sức gió và sức nước."

Tóm lại, xói mòn đất là quá trình phá hủy lớp thổ nhưỡng bề mặt dưới tác động của các yếu tố tự nhiên và kinh tế xã hội, làm mất đất, giảm chất lượng đất và ảnh hưởng đến môi trường, kinh tế xã hội. Các khái niệm xói mòn đất phụ thuộc vào hướng tiếp cận đối tượng và mục tiêu nghiên cứu.

2.2.2 Các kiểu xói mòn chính

Tùy theo tác nhân gây xói mòn, dạng xói mòn và các yếu tố ảnh hưởng mà xói mòn dưới các tác nhân thể lỏng được chia thành các loại như hình 2.3. Trong đó có 2 kiểu xói mòn chính là xói mòn do nước và xói mòn băng hà. Trong khuôn khổ đề tài chỉ tính tới tác nhân gây xói mòn chủ yếu là do nước dưới 2 tác nhân là mưa và dòng chảy.



Hình 2.3. Các loại xói mòn do tác nhân thể lỏng

(Nguồn: Nguyễn Trường Ngân, 2012)

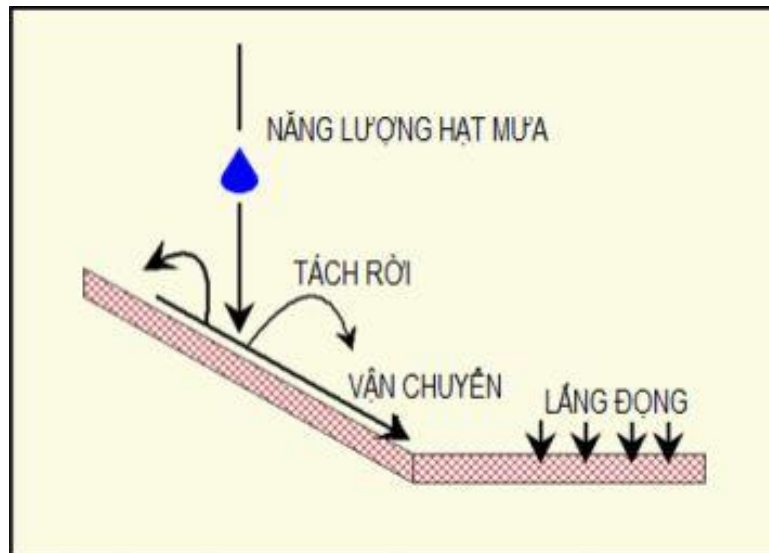
Xói mòn do nước gây ra do tác động của nước chảy tràn trên bề mặt. Để xảy ra xói mòn nước cần có năng lượng của mưa làm tách các hạt đất ra khỏi thể đất sau đó nhờ dòng chảy vận chuyển chúng đi. Khoảng cách di chuyển hạt đất phụ thuộc vào năng lượng của dòng chảy, địa hình của bề mặt đất... Theo Nguyễn Siêu Nhân và cộng sự thì xét theo tác động của dòng nước, xói mòn do nước có thể phân thành các dạng sau:

- Xói mòn theo lớp: Đất bị mất đi theo lớp không đồng đều nhau trên những vị trí khác nhau của bề mặt địa hình.
- Xói mòn theo các khe, rãnh: Bề mặt đất tạo thành những dòng xói theo các khe, rãnh trên sườn dốc nơi mà dòng chảy được tập trung.
- Xói mòn ruộng xói : Đất bị xói mòn cả ở dạng lớp và khe, rãnh ở mức độ mạnh do khối lượng nước lớn, tập trung theo các khe thoát xuống chân dốc với tốc độ lớn, làm đất bị đào khoét sâu.

2.2.3 Tiến trình xói mòn đất

Về nguyên lý, Ellision (1944) xem xói mòn đất như là một hàm số với biến số là loại đất, độ dốc địa hình, mật độ che phủ của thảm thực vật, lượng mưa và cường độ mưa. Xói mòn là một quá trình tự nhiên, tuy nhiên ở một vài nơi quá trình này diễn ra nhanh hơn do các hoạt động của con người. Ellision đã xác định tác nhân gây xói mòn mạnh mẽ nhất là xung lực hạt mưa tác động vào mặt đất và chia quá trình này thành 3 giai đoạn:

- Giai đoạn 1: Hạt mưa rơi xuống làm vỡ cấu trúc đất, tách rời từng hạt đất ra khỏi bề mặt đất.
- Giai đoạn 2: Những hạt đất bị bong ra bị dòng nước cuốn trôi theo sườn dốc, di chuyển đi nơi khác, làm mất đất ở khu vực này.
- Giai đoạn 3: Những hạt đất lắng đọng ở một nơi khác, tăng thêm khối lượng đất cho nơi này, vùi lấp bề mặt đất cũ, làm cạn lòng hồ.

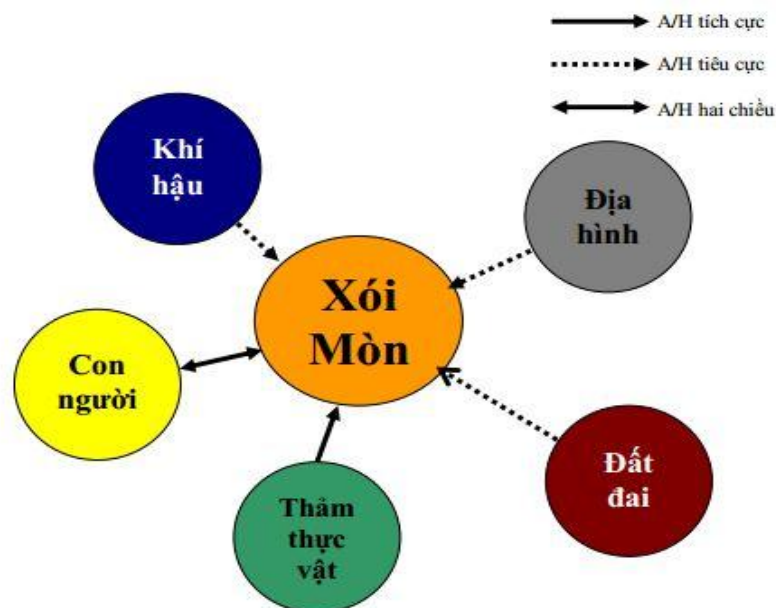


Hình 2.4. Tiến trình xói mòn đất

(Nguồn: Nguyễn Kim Lợi, 2005)

2.2.4 Các yếu tố ảnh hưởng đến xói mòn đất

Căn cứ theo kết quả nghiên cứu quá trình xói mòn của các nhà khoa học (Ellision 1944, Wishmeier và Smith 1978...) thì các yếu tố ảnh hưởng đến xói mòn đất gồm: mưa, địa hình, thổ nhưỡng, độ che phủ bề mặt, yếu tố con người.

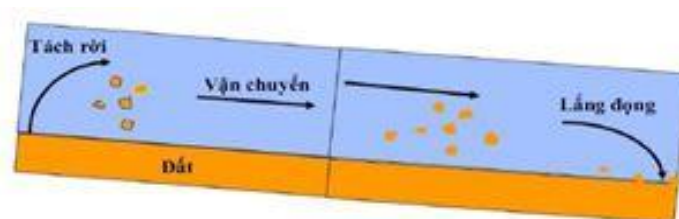


Hình 2.5. Các nhân tố ảnh hưởng đến xói mòn đất

(Nguồn: Hoàng Tiến Hà, 2009)

2.2.4.1 Yếu tố mưa

Mưa tác động tới xói mòn chủ yếu qua 2 yếu tố là tổng lượng mưa và cường độ mưa. Ban đầu người ta nghĩ nguyên nhân chủ yếu gây ra xói mòn là dòng chảy mặt nhưng qua quá trình nghiên cứu thì người ta đã xác định được mưa là nhân tố chủ yếu gây xói mòn. Theo Elison (1944) là người đầu tiên chỉ ra chính hạt mưa là thủ phạm tạo ra sự xói mòn. Năm 1985 Hudson N.W. từ kết quả thực nghiệm cho thấy hạt mưa có động năng lớn hơn 256 lần so với dòng chảy trên mặt mà nó sinh ra.



Hình 2.6. Tiến trình tác động của hạt mưa đến xói mòn đất

(Nguồn: Nguyễn Kim Lợi, 2005)

Sự phân bố mùa mưa cũng là một yếu tố chủ yếu gây xói mòn. Ở Việt Nam nói chung và lưu vực Đak Bla tỉnh Kon Tum nói riêng, mưa phân hóa theo mùa rõ rệt. Lượng mưa cực đại vào các tháng mùa hè và cực tiểu trong những tháng mùa đông. Vì vậy việc bảo vệ đất, chống xói mòn đặc biệt trong mùa mưa là vô cùng cần thiết.

Ngoài mưa ảnh hưởng trực tiếp đến xói mòn, các yếu tố khí hậu khác như gió, nhiệt độ, ẩm độ cũng có ảnh hưởng đến xói mòn đất, tuy nhiên mức độ ảnh hưởng không rõ ràng.

2.2.4.2 Yếu tố thổ nhưỡng

Thổ nhưỡng hay tính chất đất (tính chất vật lý, hóa học, sinh học) là yếu tố quyết định tính xói mòn của đất. Khi hạt mưa rơi xuống đất thì có hai tác động xảy ra đối với đất dẫn đến quá trình xói mòn đất:

- Năng lượng của hạt mưa và đập phá vỡ kết cấu đất, tác động đến tính chất hóa học và vật lý, làm tách rời các hạt đất.
- Quá trình vận chuyển các hạt đất.

Sự xói mòn của các loại đất khác nhau thì khác nhau. Có hai đặc tính của đất liên quan chặt chẽ đến khả năng xói mòn là khả năng thấm và sự ổn định về mặt cấu

trúc của đất. Ngoài ra xói mòn còn chịu ảnh hưởng của yếu tố thổ nhưỡng qua thành phần cơ giới và hàm lượng hữu cơ có trong đất. Nếu đất có kết cấu tốt, cân bằng và giàu hữu cơ thì khó xói mòn hơn đất có kết cấu lỏng lẻo và nghèo chất hữu cơ.

2.2.4.3 Nhân tố địa hình

Độ dốc ảnh hưởng, liên quan trực tiếp đến lượng đất xói mòn, rửa trôi, vì độ dốc quyết định thế năng của hạt đất và dòng chảy phát sinh trên mặt. Đất có độ dốc lớn dễ bị xói mòn hơn đất bằng phẳng vì các yếu tố tạo xói mòn như: sự bắn tóe đất, sự xói rửa bề mặt, sự lắng đọng, và di chuyển khối tác động lớn hơn trên sườn dốc có độ dốc cao. Ngoài ra, xói mòn còn chịu ảnh hưởng của dạng hình học và chiều dài sườn dốc. Bề mặt sườn dốc phẳng sẽ xói mòn mạnh hơn bề mặt lồi và nhỏ hơn bề mặt sườn dốc lõm. Chiều dài sườn dốc càng tăng, khối lượng nước càng lớn, lớp nước càng dày, tốc độ và năng lượng dòng chảy càng lớn thì quá trình rửa trôi, xói mòn đất càng xảy ra mạnh. Theo Nguyễn Quang Mỹ (1995) thì:

- Độ dốc tăng 2 lần, xói mòn tăng từ 2 đến 4 lần.
- Chiều dài sườn tăng 2 lần, xói mòn tăng từ 2 - 7, 5 lần.
- Sườn lồi tăng 2-3 lần so với sườn thẳng.

Bộ Nông nghiệp và phát triển nông thôn đã đề xuất thang độ dốc trên lãnh thổ Việt Nam: $0-3^0$, $3-8^0$, $8-15^0$, $15-25^0$, trên 25^0 , tuy chưa được hoàn thiện nhưng đây cũng là bước thống nhất đầu tiên để sử dụng độ dốc ở nước ta.

Nguyễn Quang Mỹ đã nghiên cứu ảnh hưởng của độ dốc đến xói mòn đất tại Tây Nguyên từ năm 1978 đến 1982 trên đất bazan, trồng Chè một tuổi, kết quả cho thấy:

Bảng 2.2. Ảnh hưởng của độ dốc đến xói mòn đất

Loại đất	Cây trồng	Độ dốc (độ)	Lượng đất mất (tấn/ha/năm)	Địa điểm, năm nghiên cứu
Đất Bazan	Chè 1 tuổi	3	96	Tây Nguyên 1978 - 1982
Đất Bazan	Chè 1 tuổi	8	211	
Đất Bazan	Chè 1 tuổi	15	305	
Đất phù sa cổ	Sắn 1 tuổi	3	15	Vĩnh Phú 1982 - 1986
Đất phù sa cổ	Sắn 1 tuổi	5	47	
Đất phù sa cổ	Sắn 1 tuổi	8	57	

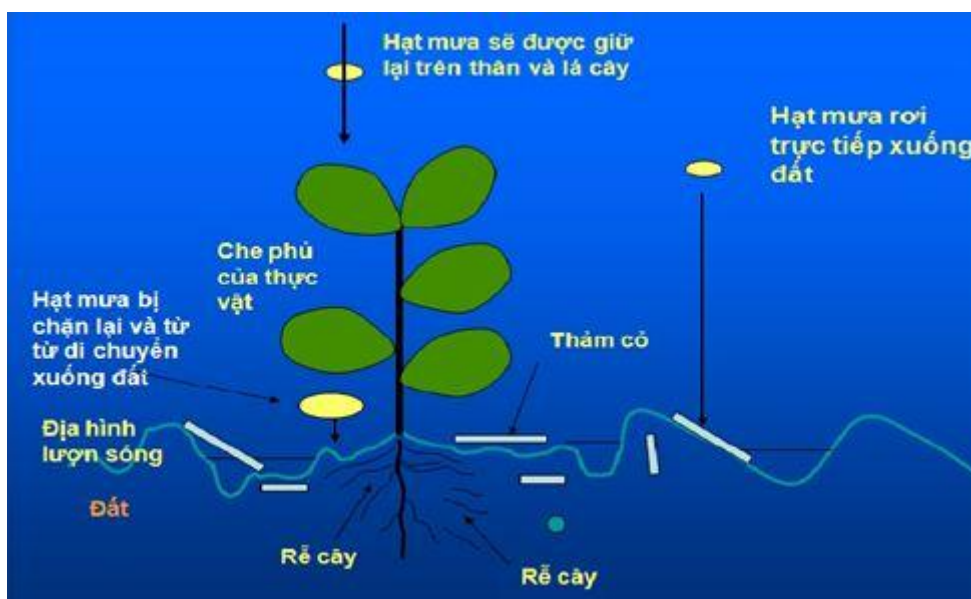
Đất phù sa cổ	Sấn 1 tuổi	22	147	
---------------	------------	----	-----	--

(Nguồn: Nguyễn Quang Mỹ, 2005)

2.2.4.4 Yếu tố che phủ bề mặt

Đối với đất có lớp thảm phủ thực vật thì khi mưa xuống lớp thảm phủ thực vật sẽ có hai tác dụng chính:

- Thứ nhất hấp thu năng lượng tác động của hạt mưa, phân tán lực của mưa, nước có khả năng chảy xuống dọc theo thân cây xuống đất làm giảm đi lực tác động của hạt mưa đối với cấu trúc đất.
- Thứ hai vật rơi rụng của lớp thực phủ như lá, cành cây, tạo ra một lượng mùn làm cho đất tơi xốp, giữ đất, giữ nước, làm giảm lưu lượng dòng chảy tràn trên bề mặt.



Hình 2.7. Mối quan hệ giữa độ che phủ và xói mòn đất

(Nguồn: Nguyễn Kim Lợi, 2005)

Tóm lại, thảm thực vật có tác dụng ngăn chặn xói mòn nhờ hấp thu bớt năng lượng mưa, làm chậm quá trình tích tụ nước, tạo kết cấu bền của đất, tăng khả năng thấm thấu nước của đất, Thực vật càng phát triển xanh tốt và mức độ che phủ của nó càng dày thì vai trò bảo vệ đất và giữ nước của nó càng lớn. Lớp phủ thực vật có ảnh hưởng lớn đến quá trình xói mòn đất, nếu lớp phủ thực vật càng tăng thì quá trình xói mòn càng giảm. Vai trò chống xói mòn của lớp phủ thực vật phụ thuộc vào tuổi và độ che phủ của nó. Thực vật có khả năng bảo vệ đất chống xói mòn qua việc làm giảm ảnh hưởng của hạt mưa xuống mặt đất bởi tán lá và làm cho nước có khả năng chảy

xuống đến 50-60% theo chiều thẳng đứng của bộ rễ. Không những thế, vật rơi rụng của thực vật như cành khô, lá rụng... còn tạo ra lượng mùn lớn trong đất, giữ đất toi xốp, chống xói mòn.

2.2.4.5 Yếu tố con người

Trong các hoạt động của mình con người tác động đến thế giới tự nhiên theo hai hướng tích cực và tiêu cực, các hoạt động này có thể là nguyên nhân trực tiếp hay gián tiếp tác động lên xói mòn. Yếu tố con người ở đây có thể là các hoạt động cày bừa, làm đất hay chặt phá rừng, chăn nuôi gia súc trong thời gian dài...

Con người ảnh hưởng trực tiếp đến quá trình xói mòn đất thông qua hoạt động sống. Việc phá rừng đã gián tiếp đẩy mạnh quá trình xói mòn đất. Những diện tích rừng mất đi làm lộ ra những khoảng trống không có thảm thực vật che phủ đất. Khi mưa xuống quá trình xói mòn bề mặt xảy ra mạnh.

Canh tác trên đất dốc không khoa học, du canh du cư cũng là những tác nhân gia tăng xói mòn đất. Trên độ dốc $< 3^0$ đã bắt đầu xảy ra xói mòn khi có mưa to. Từ độ dốc 3^0 trở lên, tùy vào yếu tố đất đai, thực vật, lượng mưa... mà quá trình xói mòn xảy ra mạnh hay yếu. Qua số liệu của lâm trường Cầu Hai (Phú Thọ) cho thấy rừng phủ kín chỉ trôi đi 1 tấn đất/ha/năm trong khi các nương sản lại mất 147 tấn đất/ha/năm (Nguyễn Quang Mỹ, 2005). Rõ ràng biện pháp canh tác không hợp lý đã gây tác hại lớn, ảnh hưởng xấu đến quá trình xói mòn đất.

2.3 Sự bồi lắng

2.3.1 Định nghĩa

Theo Bengt Carlsson (1998) : *“Bồi lắng (trầm tích) là lớp tích tụ của các hạt lơ lửng mà nặng hơn nước”*.

Theo Đại học Michigan – Mỹ (2004): *“Bồi lắng được định nghĩa như là quá trình tách ra của các hạt đất do xói mòn được lắng lại trong đất hoặc bên trong các nguồn nước như : hồ, suối và đất ngập nước”*.

Tóm lại, Bồi lắng là quá trình tách ra của các hạt đất do xói mòn (chủ yếu là do nước) và được lắng lại bên trong đất hoặc bên trong các nguồn nước.

2.3.2 Quá trình hình thành

Quá trình hình thành: Trong thời gian có nước lũ hay nước lớn, khi mực nước của các con sông lên cao, nước tràn lên thung lũng triền sông ở cả hai bờ và đất sét, bùn cùng các hạt cát, sỏi nhỏ trầm lắng xuống trên toàn bộ bề mặt của bãi bồi.

Trong khuôn khổ đề tài, bồi lắng của các con sông suối miền núi chủ yếu là đá tảng, sỏi, sạn và cuội. Các sông, suối chảy theo các khe xói và khe hẻm, làm lắng xuống bồi tích khó phân loại, trong đó rất khó phân định ranh giới giữa các dạng bồi tích lòng sông, bãi bồi và các dạng khác; do vậy thành phần hạt hỗn tạp và tính phân lớp không thể hiện rõ.



Hình 2.8. Bồi lắng do xói mòn trên lưu vực sông Đak Bla tỉnh Kon Tum
(Nguồn: Hạ Huyền, 2003)

2.3.3 Ảnh hưởng của bồi lắng

Hiện tượng bồi lắng và xói mòn là hai hiện tượng tự nhiên tất yếu của một dòng chảy. Vì vậy, có thể nói không có dòng sông hay biển nào là không bồi lắng hoặc bồi xói, không có một dòng sông nào là ổn định, ổn định chỉ là tương đối... biến hình và xói bồi mới là tuyệt đối... Tuy nhiên hậu quả của bồi lắng ở mỗi nơi một khác. Có thể nói bồi lắng lòng dẫn sẽ làm:

- Gia tăng diện tích đất sản xuất;
- Cản trở giao thông thủy;

- Giảm năng lực, hiệu quả của các công trình thủy lợi;
- Gây ô nhiễm môi trường, góp phần gây nên dịch bệnh, gây nên thảm họa rất lớn nếu như bồi lắng xảy ra tại các cửa sông, làm giảm khả năng tiêu thoát nước cho khu vực.

2.4 Mô hình SWAT

2.4.1 Tổng quan về mô hình SWAT

Mô hình SWAT (Soil and Water Assessment Tool) là công cụ đánh giá nước và đất được xây dựng bởi tiến sĩ Jeff Arnold ở Trung tâm Phục vụ Nghiên cứu Nông nghiệp (ARS- Agricultural Research Service) thuộc Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA- United States Department of Agriculture) và giáo sư Srinivasan thuộc Đại học Texas A&M, Hoa Kỳ vào đầu thập niên 90 của thế kỷ XX.

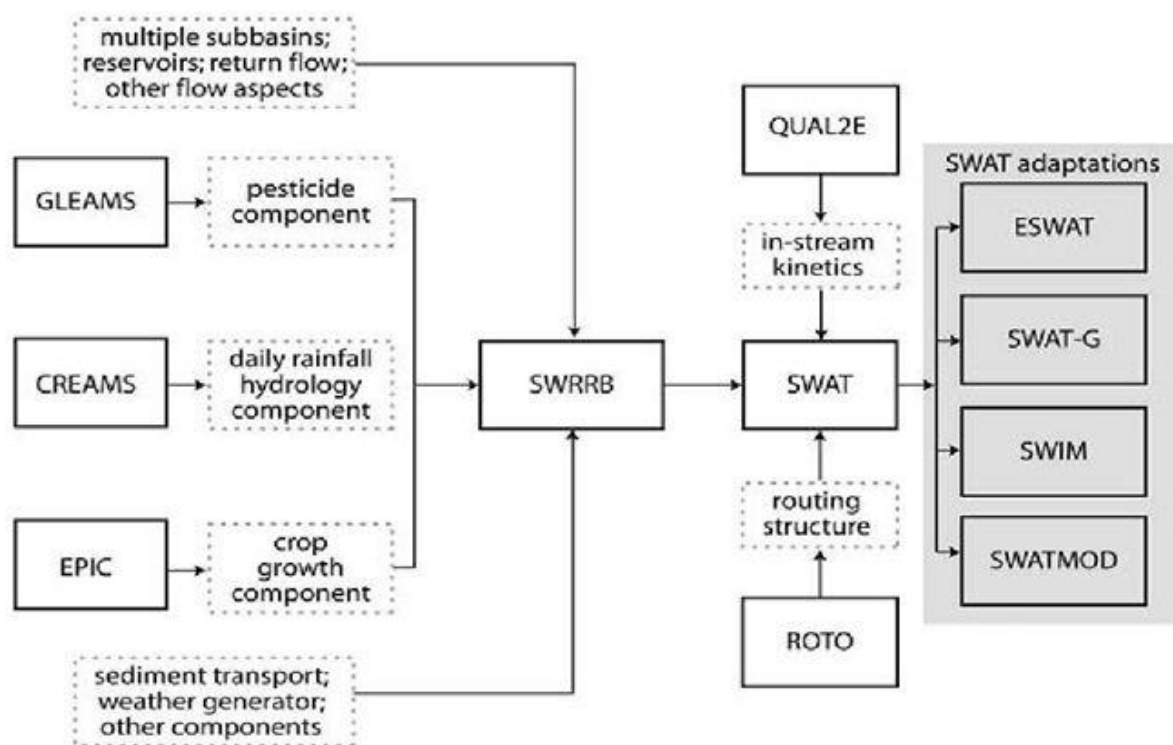
Mô hình SWAT là một mô hình rất tốt dùng để quản lý đất và nước bởi vì nó có nhiều ưu điểm như: có thể mô hình hóa lưu vực không có dữ liệu giám sát, có thể định lượng một cách tương đối tác động của một số dữ liệu đầu vào thay thế, mô phỏng một cách chi tiết về mặt không gian vì SWAT đã phân chia lưu vực thành các tiểu lưu vực để mô phỏng, có thể tính toán và mô phỏng trên lưu vực lớn mà vẫn tiết kiệm thời gian cũng như chi phí và cho phép người dùng mô phỏng dự báo trong khoảng thời gian dài. Mô hình được xây dựng để mô phỏng ảnh hưởng của việc quản lý sử dụng nguồn tài nguyên đất của đến nguồn nước, sự bồi lắng và lượng hóa chất sinh ra từ mất rừng và hoạt động nông nghiệp trên những lưu vực rộng lớn và phức tạp trong khoảng thời gian dài. Mặc dù được xây dựng trên nền các quan hệ thể hiện bản chất vật lý của hiện tượng tự nhiên với việc sử dụng các phương trình tương quan, hồi qui để mô tả mối quan hệ giữa thông số đầu vào (Sử dụng đất/thảm thực vật, đất, địa hình và khí hậu) và thông số đầu ra (lưu lượng dòng chảy, bồi lắng, ...), SWAT còn yêu cầu các số liệu về thời tiết, sử dụng đất, địa hình, thực vật và tình hình quản lý tài nguyên đất trong lưu vực.

Mô hình SWAT sẽ trực tiếp tính toán các quá trình tự nhiên liên quan tới chuyển động của nước, lắng đọng bùn cát, tăng trưởng mùa màng, chu trình chất dinh dưỡng,... dựa vào các thông số dữ liệu đầu vào. Do vậy mô hình còn có khả năng dự

báo thông qua việc thay đổi dữ liệu đầu vào (quản lý sử dụng đất, khí hậu, thực vật...) đều định lượng được những tác động của sự thay đổi đến dòng chảy ra của các lưu vực hoặc các thông số khác; có hiệu quả cao, có thể tính toán và mô phỏng trên lưu vực rộng lớn hoặc hỗ trợ ra quyết định đối với những chiến lược quản lý đa dạng, phức tạp với sự đầu tư kinh tế và thời gian thấp; cho phép người sử dụng nghiên cứu những tác động trong thời gian dài. Nhiều vấn đề hiện nay được SWAT xem xét không những lưu lượng dòng, đỉnh lũ mà còn đến như sự tích lũy chất ô nhiễm và những ảnh hưởng đến vùng hạ lưu. Hiện nay trong nước đã xuất hiện nhiều mô hình thủy văn phân chia, đánh giá tài nguyên nước, tính toán lũ cho các lưu vực như MIKEBASIN, HEC-HMS, ANSWERS, AGNPS... nhưng hầu các mô hình thường không đi kèm các công cụ hiệu chỉnh, kiểm định một cách tự động để tăng độ tin cậy. SWAT cung cấp công cụ cho việc hiệu chỉnh và kiểm định một cách tự động SWAT-CUP, nhằm rút gọn thời gian nhưng vẫn mang lại tính chính xác và hiệu quả cho người sử dụng.

2.4.2 Quá trình phát triển của SWAT

SWAT được phát triển từ mô hình mô phỏng tài nguyên nước lưu vực nông thôn SWRRP(Williams ctv., 1985; Arnold ctv., 1990) cùng với một số mô hình khác như: hệ thống quản lý nông nghiệp về hóa chất, rửa trôi và xói mòn CREAMS (Knisel, 1980); mô hình những ảnh hưởng của sự tích trữ nước ngầm GLEAMS(Leonard và ctv, 1987) và mô hình tính toán ảnh hưởng của hoạt động sản xuất đến xói mòn EPIC(Williams và ctv, 1984).



Hình 2.9. Sơ đồ phát triển của mô hình SWAT

(Nguồn: Philip W.G. và ctv, 2009)

SWAT được ra đời vào đầu những năm 1990 trên cơ sở kết hợp 2 mô hình SWRRP và ROTO. Từ đó đến nay nó đã liên tục trải qua nhiều lần được xem xét, đánh giá và cải tiến nhằm mở rộng khả năng mô phỏng. Những cải tiến đáng kể nhất của các mô hình theo các phiên bản khác nhau bao gồm:

- SWAT 94.2: bổ sung khái niệm đơn vị thủy văn (HRUs).
- SWAT 96.2: thêm những quản lý tùy chọn về phương án tự động bón phân và tưới nước; tính toán lượng nước do tán lá cây lưu trữ; thêm thành phần mô phỏng CO₂ trong mô hình tăng trưởng cây trồng phục vụ các nghiên cứu về biến đổi khí hậu; bổ sung phương trình Penman-Monteith về bốc thoát nước tiềm năng,...

- SWAT 98.1: cải tiến chương trình con về mô phỏng lượng tuyết tan; cải thiện tính toán chất lượng nước trong dòng sông suối; mở rộng tính truyền vòng tuần hoàn chất dinh dưỡng; thêm phương thức quản lý về tiêu nước sử dụng cây sâu và tác động của việc chặn thả và bón phân hóa học, sửa đổi mô hình để có thể áp dụng ở khu vực Nam bán cầu.

- SWAT 99.2: cải tiến tính truyền vòng tuần hoàn chất dinh dưỡng, cải tiến tính

toán ruộng lúa/đầm lầy, bổ sung phần ước tính lượng tổn thất chất dinh dưỡng do quá trình bồi lắng trong hồ chứa/ao/đầm lầy; bổ sung lượng nước chứa được do bờ sông, bổ sung tính truyền kim loại theo thứ tự các đoạn sông suối,...

- SWAT 2000: bổ sung tính truyền vận chuyển vi khuẩn trong dòng chảy; bổ sung phương trình thẩm Green & Ampt, cải thiện mô hình mô phỏng thời tiết, cho phép đọc vào hoặc mô phỏng dữ liệu bức xạ mặt trời hàng ngày, độ ẩm tương đối, và tốc độ gió; cho phép đọc vào hoặc ước tính các giá trị bốc thoát nước tiềm năng ET cho lưu vực,...

- SWAT 2005: cải thiện tính truyền vận chuyển vi khuẩn trong dòng chảy; thêm kịch bản dự báo thời tiết; bổ sung phần mô phỏng lượng mưa rơi; thông số lưu trữ nước trong tính toán giá trị CN hàng ngày có thể là hàm số của lượng nước trong đất (độ ẩm đất) hay của lượng bốc thoát hơi nước từ cây cối.

Phiên bản hiện tại đang được phát triển là SWAT 2012. Ngoài những thay đổi đã được liệt kê ở trên, giao diện cho các mô hình đã được phát triển cho môi trường hệ điều hành Windows (Visual Basic), GRASS, và ArcView. Theo định hướng phát triển trong thời gian sắp tới, SWAT sẽ tiếp tục được phát triển, tập trung chính vào các mảng sau:

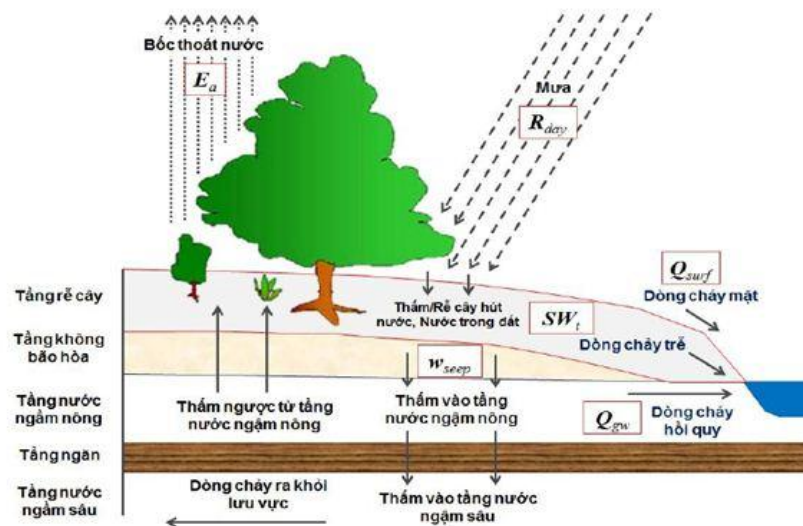
- Mở rộng phạm vi mô phỏng gồm cả thời gian và không gian.
- Cung cấp nguồn dữ liệu đầu vào sẵn có, miễn phí và đảm bảo chất lượng như thời tiết, thủy văn, thổ nhưỡng, hoạt động sản xuất nông nghiệp.
- Hiệu chỉnh, phân tích tính bất định của mô hình.
- Mô phỏng theo thời gian thực.
- Tích hợp với các mô hình khác như APEX, SWMM (EPA), ALMANAC, DSSAT.
- Hợp tác phát triển mô hình với các tổ chức như CGIAR, ISRIC,...
- Tăng cường đào tạo, truyền thông về SWAT.
- Xây dựng nhiều tùy chọn cho người sử dụng SWAT về các phiên bản sử dụng (SWAT 2005, 2009, 2012), các phần mềm hỗ trợ như ArcGIS (ArcSWAT), Map Window (MWSWAT), SWAT-CUP (Calibration and Uncertainty Program), SWAT Plot/Graph, VIZSWAT (Output Visualization), các tài liệu hướng dẫn đa ngôn ngữ.

2.4.3 Nguyên lý mô phỏng của SWAT

Cho dù nghiên cứu vấn đề gì trong SWAT thì cân bằng nước vẫn là lực chi phối phía sau tất cả những thứ xuất hiện trong lưu vực. Để dự báo chính xác sự di chuyển của thuốc trừ sâu, phù sa và dưỡng chất thì chu trình thủy văn được mô phỏng bởi SWAT cần phải phù hợp với những diễn biến đang xảy ra trong lưu vực.

Mô hình thủy học trong lưu vực được phân chia thành hai nhóm chính (Susan L.N. và ctv, 2009):

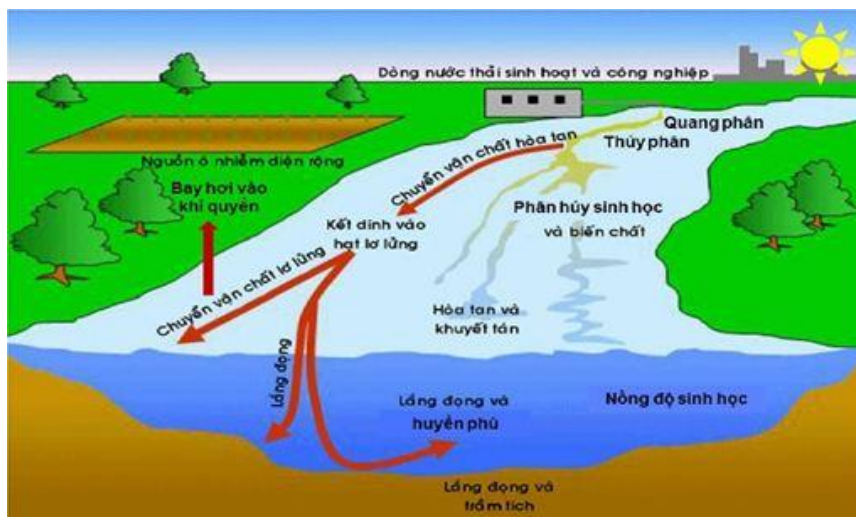
- Pha đất của chu trình thủy văn (Hình 2.12): kiểm soát lượng nước, phù sa, dinh dưỡng và thuốc trừ sâu được đưa từ trong mỗi tiểu lưu vực ra sông chính.



Hình 2.10. Sơ đồ chu trình thủy văn trong pha đất

(Nguồn: Susan L.N. và ctv, 2009)

- Pha nước của chu trình thủy văn (Hình 2.13): kiểm soát quá trình di chuyển của dòng nước, quá trình bồi lắng, v.v...diễn ra thông qua hệ thống sông ngòi của lưu vực đến cửa xả.



Hình 2.11. Sơ đồ các quá trình diễn ra trong dòng chảy

(Nguồn: Susan L.N và ctv, 2009)

Pha đất của chu trình thủy văn. SWAT mô hình hóa chu trình nước dựa trên cơ sở phương trình cân bằng nước sau (Susan L.N. và ctv, 2009):

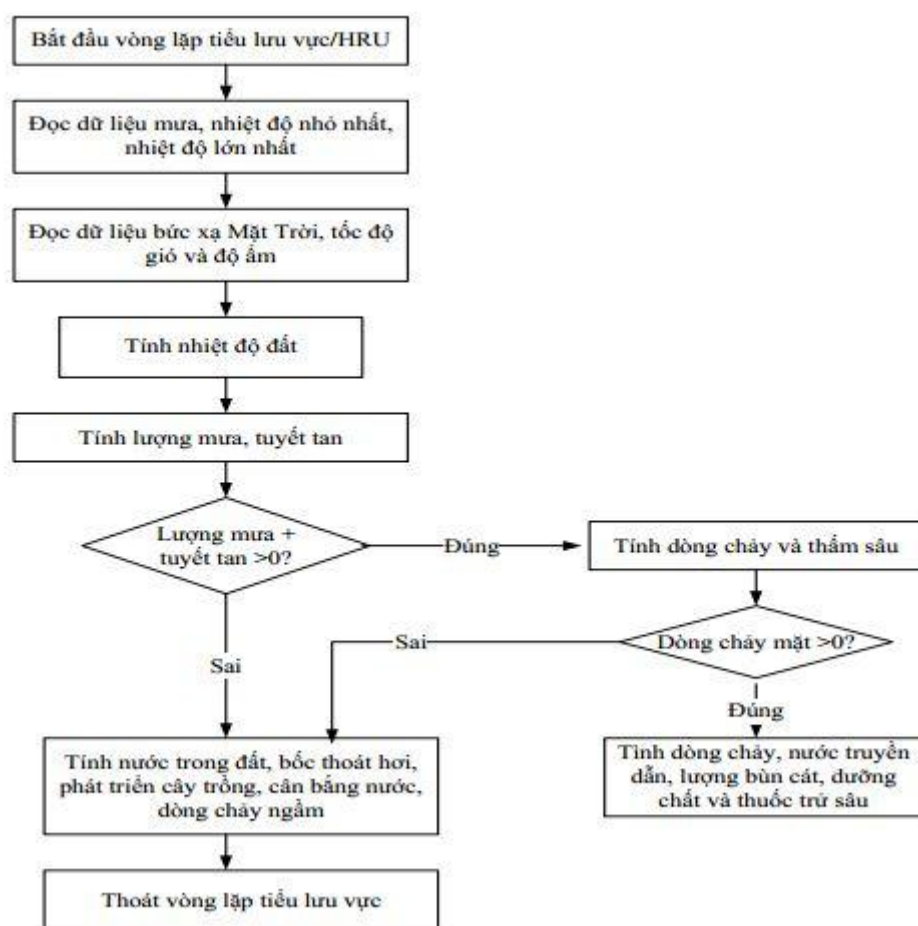
$$SW_t = SW_o + \sum_{i=1}^n (R_{day} - Q_{surf} - E_a - w_{seep} - Q_{gw})$$

Trong đó:

- SW_t : lượng nước trong đất tại thời điểm t (mm H₂O)
- SW_o : lượng nước trong đất tại thời điểm ban đầu trong ngày thứ i (mm H₂O)
- t : thời gian (ngày)
- R_{day} : lượng nước mưa trong ngày thứ i (mm H₂O)
- Q_{surf} : lượng dòng chảy bề mặt trong ngày thứ i (mm H₂O)
- E_a : lượng nước bốc hơi trong ngày thứ i (mm H₂O)
- w_{seep} : lượng nước thấm vào vùng chưa bão hòa trong ngày thứ i (mm H₂O)
- Q_{gw} : lượng nước ngầm chảy ra sông trong ngày thứ i (mm H₂O)

Quá trình chia nhỏ lưu vực thành các tiểu lưu vực và HRUs làm cho việc mô tả cân bằng nước thêm độ chính xác và tốt hơn.

Pha nước của chu trình thủy văn. SWAT xác định quá trình di chuyển nước, phù sa, dưỡng chất và thuốc trừ sâu vào mạng lưới sông ngòi của lưu vực bằng cách sử dụng cấu trúc lệnh được tính truyền dọc theo mạng lưới sông ngòi của lưu vực (Williams and Hann, 1972 trích dẫn trong Susan L.N. ctv., 2009, p.20).



Hình 2.12. Vòng lặp HRU/tiểu lưu vực

(Nguồn: Phỏng theo Susan và ctv, 2009)

2.4.4 Tiến trình mô phỏng SWAT

Tiến trình mô phỏng SWAT nhìn chung cần rất nhiều loại dữ liệu được biểu diễn dưới hai dạng: dạng số liệu không gian và số liệu thuộc tính. Các loại dữ liệu cần thiết bao gồm:

Số liệu không gian dưới dạng bản đồ bao gồm:

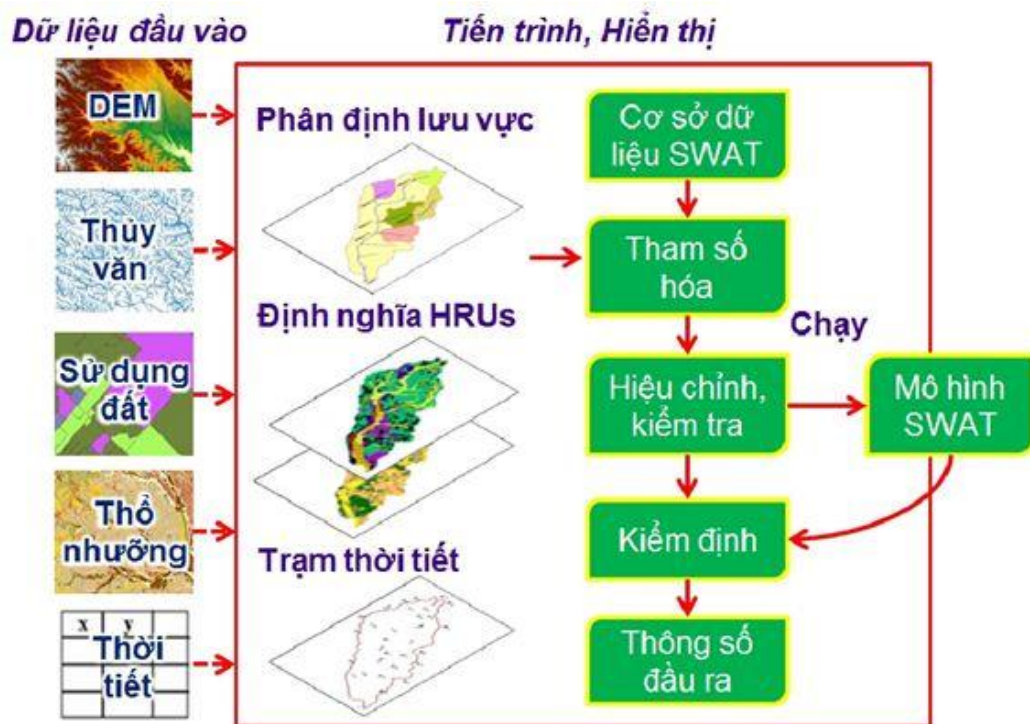
- + Bản đồ độ cao số hóa DEM;
- + Bản đồ sử dụng đất;
- + Bản đồ loại đất (thổ nhưỡng);
- + Bản đồ mạng lưới sông suối, hồ chứa trên lưu vực;

Số liệu thuộc tính dưới dạng Database bao gồm:

- + Số liệu về khí tượng bao gồm nhiệt độ không khí, bức xạ, tốc độ gió, mưa,

- + Số liệu về thủy văn bao gồm dòng chảy, bùn cát, hồ chứa...;
- + Số liệu về đất bao gồm: loại đất, đặc tính loại đất theo lớp của các phẫu diện đất... ;
- + Số liệu về loại cây trồng trên lưu vực, độ tăng trưởng của cây trồng...;
- + Số liệu về loại phân bón trên lưu vực canh tác...;

Trong khuôn khổ đề tài thì chỉ sử dụng 4 loại dữ liệu chính là: bản đồ độ cao số DEM, bản đồ sử dụng đất và bảng tra, bản đồ loại đất (thổ nhưỡng) cùng bảng tra và các số liệu về khí tượng. Tiến trình mô phỏng trong SWAT bao gồm sáu bước: (1) chuẩn bị dữ liệu, (2) phân định lưu vực, (3) định nghĩa đơn vị thủy văn, (4) nhập dữ liệu đầu vào, (5) chạy mô hình, (6) hiệu chỉnh, kiểm định mô hình.



Hình 2.13. Tiến trình mô phỏng SWAT

(Nguồn: Nguyễn Duy Liêm, 2013)

Các kết quả đầu ra của mô hình:

- Đánh giá cả về lượng và về chất của nguồn nước;
- Đánh giá lượng bùn cát vận chuyển trên lưu vực;
- Đánh giá quá trình canh tác đất thông qua mô đun chu trình chất dinh dưỡng;
- Đánh giá công tác quản lý lưu vực;

2.5 Tổng quan các công trình nghiên cứu xói mòn – bồi lắng trên thế giới và ở Việt Nam

Đánh giá xói mòn bồi lắng là quá trình nghiên cứu, tính toán và đánh giá lượng cũng như mức độ xói mòn dưới sự tác động của các yếu tố mưa, thổ nhưỡng, địa hình, sử dụng đất và con người bằng việc sử dụng các phương pháp phù hợp. Đã có nhiều nghiên cứu về xói mòn bồi lắng được thực hiện trên thế giới cũng như Việt Nam bằng việc sử dụng nhiều phương pháp khác nhau như các phương pháp thực nghiệm (mô hình mô phỏng, đồng vị, modul dòng bùn cát, cầu xói mòn, máy quét hồng ngoại,...) hay các mô hình toán (USLE, RUSLE, mô hình kết hợp trầm tích, mô hình tính toán nương xói, mô hình xói mòn do gió, mô hình cân bằng vật chất,...).

2.5.1 Trên thế giới

Xói mòn đất từ lâu đã trở thành một thách thức kể từ khi con người chuyển từ ngành nông nghiệp theo kiểu du canh du cư sang ngành nông nghiệp định cư. Một trong số những biện pháp cố gắng kiểm soát xói mòn đầu tiên trên thế giới là việc xây dựng các ruộng bậc thang trên đất dốc.

Theo Baver (1939) các nghiên cứu đầu tiên về xói mòn đất được các nhà khoa học người Đức thực hiện vào những năm 1877 (Hudson, 1995). Năm 1907 tại Mỹ các chương trình nghiên cứu về xói mòn đất được bắt đầu khi Bộ Nông nghiệp nước này tuyên bố chính sách về bảo vệ nguồn tài nguyên đất [19] nhưng cũng phải đợi đến những năm 1930 khi các nghiên cứu hiện đại về xói mòn đất và các kỹ thuật kiểm soát xói mòn bắt đầu tại Mỹ thì các khái niệm cả về cơ bản lẫn ứng dụng trong nghiên cứu xói mòn và bồi lắng mới được phát triển trên thế giới. Một trong những nghiên cứu sơ khai nhất về xói mòn và bồi lắng là đề tài “Nguyên nhân và bồi lắng ở hồ Decatur” của Carl B. Brown và cộng sự thực hiện vào năm 1947. Trong nghiên cứu này đã cho ra kết quả khá tích cực khi tính được lượng bồi lắng gia tăng trong giai đoạn từ năm 1922 – 1946, thiệt hại về mặt kinh tế của nó và đưa ra đề xuất về các giải pháp của nó. Vào năm 1960 Fourier công bố cuốn chuyên khảo “Thời tiết và xói mòn” có tính đến lượng bồi lắng của các con sông trên thế giới và các hệ thống quản lý sơ khai kiểu mẫu về các quá trình mất đất trên thế giới (D. E. Walling và B. W. Webb, 1996). Ông là người đi tiên phong trong việc sử dụng hệ thống lưu vực để tính toán xói mòn và bồi lắng

trên thế giới tạo tiền đề cho các hệ thống nghiên cứu xói mòn và bồi lắng trên quy mô lưu vực ra đời (cf .Jansson, 1982, 1988; Milliman & Meade, 1983; Walling, 1985; Walling & Webb, 1983). Vào năm 1996, D. E. Walling và B. W. Webb cũng đã có một nghiên cứu thể hiện tổng quan về vấn đề xói mòn và bồi lắng trên toàn thế giới kế thừa những nghiên cứu của Fourier nhưng mở rộng hệ thống dữ liệu khi nghiên cứu với nhiều hệ thống sông hơn và đã tính được lượng bồi lắng trên toàn cầu và thành lập bản đồ xói mòn bồi lắng toàn cầu. Vào năm 2001, Helena Mitsova và Lubos Mitsova đã tiến hành phân cấp xói mòn và bồi lắng phục vụ quản lý sử dụng đất tạo điều kiện cho việc ứng dụng rộng rãi các nghiên cứu xói mòn và bồi lắng để hỗ trợ việc quy hoạch sử dụng đất nhằm định hướng phát triển bền vững như: đề tài “Ứng dụng SWAT hỗ trợ làm giảm lượng bồi lắng trên lưu vực Tana, Kenya”(J.E. Hunink và ctv, 2013), “Ảnh hưởng lâu dài của việc quy hoạch sử dụng đất đến hiện trạng bồi lắng tại đầm phá Oualidia, Ma Rốc” (Mehdi MAANAN và ctv, 2014)...

Bảng 2.3. Tổng hợp một số phương pháp đánh giá xói mòn bồi lắng trên thế giới

Phương pháp	Tác giả, năm
Phương trình Musgrave	Musgrave và ctv, 1947
Phương trình mất đất phổ dụng USLE	Wischmeier và Smith, 1958
Hệ thống quản lý hóa chất, dòng chảy và xói mòn CREAMS	Knisel, 1980
Phương pháp Đồng vị	L.M. Norderman, 1980
Mô hình dự đoán mất đất cho miền nam châu Phi SLEMSA	Elwell, 1981
Mô hình đánh giá xói mòn đất châu Âu EUROSEM	Chisci và Morgan, 1988
Phương pháp modul dòng bùn cát (mudflow)	S.M. White, 1989; Bowie, 1975; Mou và Meng, 1980.
Mô hình động lực học về xói mòn và dòng chảy KINEROS	Woohiser và ctv, 1990

Mô hình đánh giá đất và nước SWAT	Jeff Arnold, 1990s
Dự án dự báo xói mòn nước WEPP	Laflen, 1991
Mô hình SOILOSS	Rosewell, 1993
Mô hình mô phỏng xói mòn do gió WERU	Edward L.Skidmore, 1994
Mô hình xói mòn EROSION-3D	von Werner, 1995
Mô hình đánh giá xói mòn dạng ruộng xói tức thời EGEM	Woodward, 1999

Dựa theo phương pháp đánh giá thì lịch sử nghiên cứu xói mòn và bồi lắng trên thế giới có thể chia thành 4 thời kỳ chủ đạo là:

- Phương trình Musgrave: 1947 -1958.
- Phương trình mất đất phổ dụng USLE (RUSLE): 1958-1980s.
- Thời kỳ phát triển và ứng dụng các mô hình dựa trên phương trình USLE: 1980s-1990s.
- Hiện nay xu hướng sử dụng GIS kết hợp với các phương khác.

Mỗi phương pháp đều có ưu và nhược điểm riêng. Ví dụ như các phương pháp mô phỏng (mô hình mô phỏng, đồng vị, modul dòng bùn cát,...) thì có ưu điểm trực quan, dễ chấp nhận; quy mô nhỏ và chi tiết nhưng lại có nhược điểm là khó đưa ra các dự báo và xu thế lại tốn nhiều chi phí và thời gian và chỉ đánh giá được các nơi thuận lợi giao thông. Các phương pháp mô hình toán (USLE, RUSLE, mô hình xói mòn do gió...) tuy ít tốn chi phí, thời gian; có thể đánh giá ở các vùng hiểm trở khó tiếp cận và hoàn toàn có thể đưa ra dự báo xu thế nhưng lại khó thuyết phục, quy mô rộng mang tính khái quát. Vì vậy việc xác định phương pháp đánh giá thích hợp cho từng vùng cụ thể là khía cạnh quan trọng trong việc nghiên cứu đánh giá xói mòn và bồi lắng.

2.5.2 Tại Việt Nam

Do nước ta có địa hình chủ yếu là đồi núi, xói mòn đất diễn ra thường xuyên nên hiện tượng xói mòn cũng đã được nghiên cứu từ rất sớm. Theo Nguyễn

Quang Mỹ (2005) thì lịch sử nghiên cứu xói mòn của nước ta có thể chia làm 3 giai đoạn:

- Trước năm 1954: Giai đoạn này chỉ mới bắt đầu xuất hiện các biện pháp canh tác chống xói mòn như làm ruộng bậc thang, xây kè công...chứ xói mòn đất chưa được nghiên cứu đưa lên thành lý luận.

- Từ 1954-1975: Giai đoạn này bắt đầu xuất hiện một số công trình nghiên cứu và nhiều biện pháp canh tác chống xói mòn được đưa ra hàng loạt trên các nông trường miền núi phía Bắc. Một số nghiên cứu đáng chú ý giai đoạn này như: Thái Công Tụng và Moorman (1958) nghiên cứu về cơ bản xói mòn đất kết luận phương pháp canh tác ruộng bậc thang của người làm nông giúp giảm hiện tượng xói mòn; Nguyễn Ngọc Bình (1962) nêu lên ảnh hưởng của độ dốc đến xói mòn đất, góp phần đưa ra các tiêu chí bảo vệ đất, sử dụng và khai thác đất dốc; Chu Đình Hoàng (1962, 1963) nghiên cứu sự ảnh hưởng của giọt mưa đến xói mòn đất và chống xói mòn bằng biện pháp canh tác(Hoàng Tiến Hà, 2009).

- Từ 1975 đến nay: giai đoạn này các công trình nghiên cứu bắt đầu áp dụng phương trình mất đất đất phổ dụng của Wischmeier and Smith (1978) như: Phạm Ngọc Dũng (1991) đã tiến hành nghiên cứu về ứng dụng phương trình mất đất phổ quát vào dự báo tiềm năng xói mòn đất và đưa ra các biện pháp chống xói mòn cho các tỉnh Tây nguyên; Nguyễn Tử Xiêm và Thái Phiên (1996) với công trình nghiên cứu về đất đồi núi Việt Nam. Về mặt lý luận các tác giả đã đánh giá được năng lực phòng hộ của một số dạng cấu trúc thảm thực vật rừng về mặt chống xói mòn và tiến hành các nghiên cứu với quy mô và áp dụng các biện pháp chống hiện đại hơn. Trong những năm gần đây việc ứng dụng GIS và SWAT đánh giá xói mòn và bồi lắng được xem như là một hướng đi mới trong đánh giá xói mòn như: "Ứng dụng GIS ước lượng xói mòn đất tại lâm trường Mã Đà- Tỉnh Đồng Nai" của Nguyễn Kim Lợi (2006); "Ứng dụng mô hình SWAT để quản lý xói mòn đất theo các tiểu lưu vực sông ở xã Dương Hòa, thị xã Hương Thủy, tỉnh Thừa Thiên Huế" của Trần Lê Minh Châu, Nguyễn Quang Tuấn (2009); "Ứng dụng công nghệ hệ thống thông tin địa lý (GIS) để dự báo xói mòn đất tại huyện Sơn Động, tỉnh Bắc Cạn" của Hoàng Tiến Hà (2009),...Một số đề tài đã có tính đến ảnh hưởng của quy hoạch sử dụng đất đối với tài nguyên đất và

nước như đề tài ” Ứng dụng mô hình SWAT đánh giá ảnh hưởng của thay đổi sử dụng đất đến đất & nước ở cấp độ lưu vực: trường hợp nghiên cứu tại tiểu lưu vực sông La Ngà – Việt Nam” của Nguyễn Kim Lợi, Nguyễn Hà Trang(2009) hay như đề tài “Ứng dụng mô hình SWAT nghiên cứu ảnh hưởng của biến đổi khí hậu và sử dụng đất đến dòng chảy sông Bến Hải” của Nguyễn Ý Như(2009)... Các công trình nghiên cứu này tập trung vào tính toán lượng đất xói mòn, đề ra một số biện pháp hạn chế xói mòn và ảnh hưởng của việc quy hoạch sử dụng đất nhưng vẫn chưa đề cập đến vấn đề hạn chế các hậu quả do xói mòn gây ra.

Nhìn một cách tổng quan, lịch sử nghiên cứu xói mòn và bồi lắng trên thế giới và ở Việt Nam đã có lịch sử lâu đời, những bước tiến đáng ghi nhận và để lại những kết quả, thành công và thành tựu nhất định. Kế thừa và phát huy những điều đó, đề tài “Ứng dụng GIS và SWAT hỗ trợ công tác thành lập bản đồ quy hoạch sử dụng đất bền vững cho lưu vực sông Đak Bla, Kon Tum” được thực hiện để phục vụ định hướng hỗ trợ phát triển kinh tế - xã hội lưu vực sông Đak Bla tỉnh Kon Tum.

CHƯƠNG 3. NỘI DUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

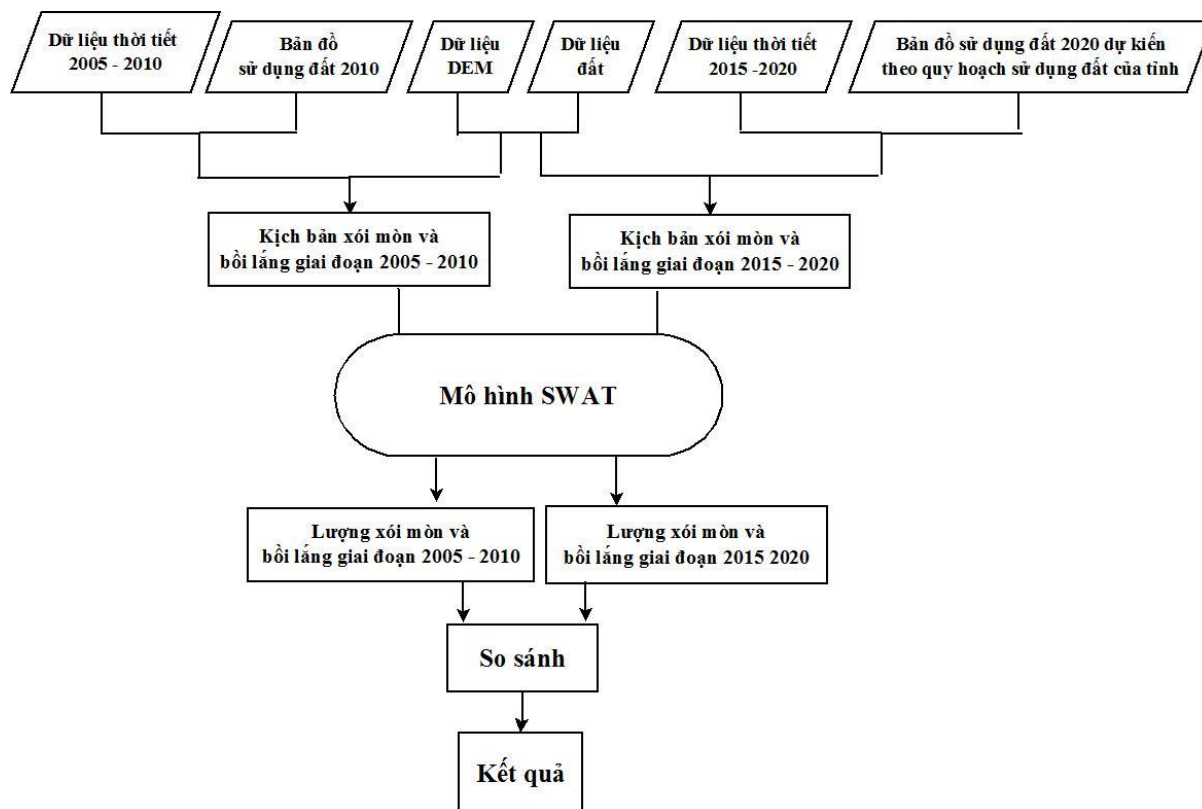
3.1 Nội dung nghiên cứu

Dựa vào các mục tiêu đã đưa ra, đề tài sẽ cần thực hiện các nội dung sau:

- Nghiên cứu lý thuyết về xói mòn và bồi lắng.
- Xây dựng các lớp bản đồ và dữ liệu đầu vào cho mô hình SWAT: dữ liệu DEM, dữ liệu sử dụng đất, dữ liệu thổ nhưỡng, các bảng dữ liệu thời tiết như: mưa, gió, mặt trời, nhiệt độ, độ ẩm tương đối.
- Đánh giá mức độ xói mòn và bồi lắng trên lưu vực sông Đak Bla tỉnh Kon Tum tại 2 giai đoạn 2005 – 2010, 2015 - 2020 theo như định hướng quy hoạch sử dụng đất của tỉnh Kon Tum đến năm 2020.
- Đề xuất giải pháp hạn chế xói mòn và bồi lắng do ảnh hưởng của việc quy hoạch sử dụng đất trên lưu vực sông Đak Bla tỉnh Kon Tum.

3.2 Phương pháp nghiên cứu

Trên cơ sở nội dung nghiên cứu, ta tiến hành thu thập các dữ liệu cần thiết cũng như các tài liệu liên quan. Sau đó ta xử lý dữ liệu bằng các công cụ trong phần mềm Arcgis cũng như Excel để cho ra các dữ liệu đầu vào chuẩn để chạy SWAT. Từ đó ta đưa các dữ liệu đó vào mô hình SWAT để mô phỏng cho ra lượng xói mòn và bồi lắng. Nghiên cứu tiến hành xây dựng 2 kịch bản, tương ứng với mỗi kịch bản là sự khác nhau về dữ liệu lớp phủ và dữ liệu thời tiết: Kịch bản 1 dữ liệu lớp phủ năm 2010 và dữ liệu thời tiết giai đoạn 2005 – 2010, Kịch bản 2 dữ liệu lớp phủ theo quy hoạch sử dụng đất đến năm 2020 và dữ liệu thời tiết giai đoạn 2015 -2020. Sau khi tiến hành mô phỏng lượng bồi lắng cho 2 kịch bản, đề tài so sánh 2 kết quả trên rồi từ đó đưa ra kết luận và đề xuất đối với việc quy hoạch sử dụng đất bền vững hơn cho lưu vực (hình 3.1).



Hình 3.1. Sơ đồ tiếp cận

3.2.1 Thu thập dữ liệu – tài liệu

Đối với mô hình SWAT ta cần thu thập các dữ liệu đầu vào sau: dữ liệu DEM, dữ liệu sử dụng đất, dữ liệu thổ nhưỡng, dữ liệu độ dốc và dữ liệu thời tiết. Bên cạnh đó nghiên cứu còn thu thập các tài liệu và báo cáo liên quan trực tiếp đến định hướng phát triển kinh tế - xã hội tỉnh. Các dữ liệu trên được thu thập ở Internet, Trung tâm nghiên cứu biến đổi khí hậu, Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Kon Tum và Đài Khí tượng thủy văn tỉnh Kon Tum. Các dữ liệu cần thiết cho đề tài được thể hiện như bảng 3.1

Bảng 3.1 Các dữ liệu cần thiết cho đề tài

Dữ liệu	Nguồn
Bản đồ thổ nhưỡng tỉnh Kon Tum	Sở Tài nguyên và môi trường tỉnh Kon Tum(2011)
Dữ liệu hiện trạng sử dụng đất tỉnh Kon Tum năm 2010	Sở Tài nguyên và môi trường tỉnh Kon Tum(2011)

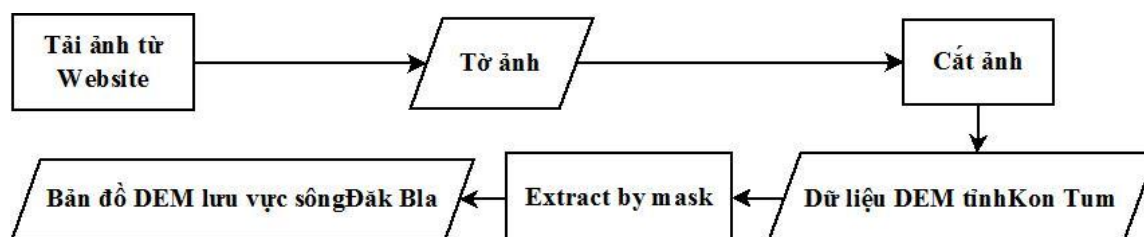
Dữ liệu quy hoạch sử dụng đất tỉnh Kon Tum năm 2020	Sở Tài nguyên và môi trường tỉnh Kon Tum(2011)
Dữ liệu khí tượng thủy văn tỉnh Kon Tum từ năm 2000 - 2020.	-Đài khí tượng thủy văn tỉnh Kon Tum (trạm Đak Tô, Kon Tum, Kon Plong). -Website: http://globalweather.tamu.edu/
Bản đồ DEM tỉnh Kon Tum	http://earthexplorer.usgs.gov/

Nghiên cứu đánh giá xói mòn – bồi lắng dựa trên việc chạy mô hình SWAT trên lưu vực từ các dữ liệu đầu vào đã qua xử lý theo đúng yêu cầu dữ liệu của SWAT. Trong nghiên cứu này, các dữ liệu đầu vào bao gồm DEM, sử dụng đất, thổ nhưỡng, thời tiết.

3.2.2 Xử lý dữ liệu

3.2.2.1 Dữ liệu DEM

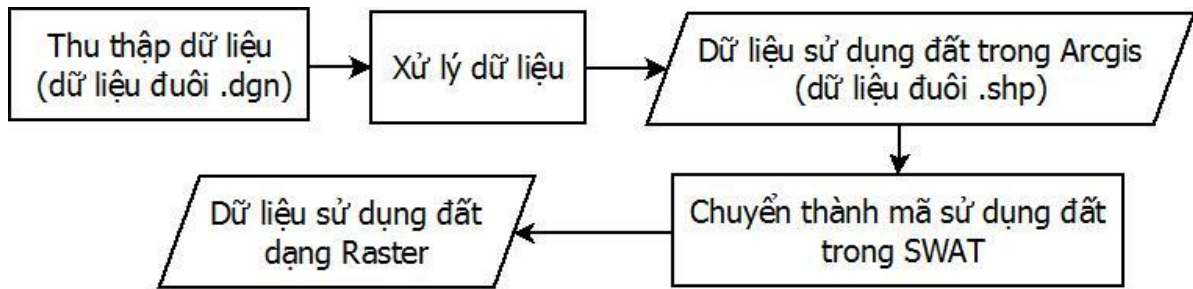
Dữ liệu DEM tỉnh Kon Tum được tải từ website của USGS. Sau đó, dữ liệu DEM được cắt theo ranh giới tỉnh Kon Tum ta sử dụng công cụ “Extract by mask” trong Arcgis để cắt dữ liệu DEM. Quy trình thực hiện được mô tả như trong hình 3.2.



Hình 3.2. Quy trình xử lý dữ liệu DEM

3.2.2.2 Dữ liệu sử dụng đất

Dữ liệu sử dụng đất tỉnh Kon Tum năm 2010 và năm 2020 được lưu trữ dưới dạng file đuôi .dgn. Ta chuyển đổi dữ liệu thành dạng shapefile (đuôi .shp). Sau đó ta tiến hành phân loại và gán mã cho các loại lớp phủ theo mã các loại hình sử dụng đất trong cơ sở dữ liệu của mô hình SWAT. Sau đó ta chuyển bản đồ thành dạng raster theo yêu cầu đầu vào của dữ liệu SWAT. Tiếp theo tạo bảng tra sử dụng đất cho mô hình.



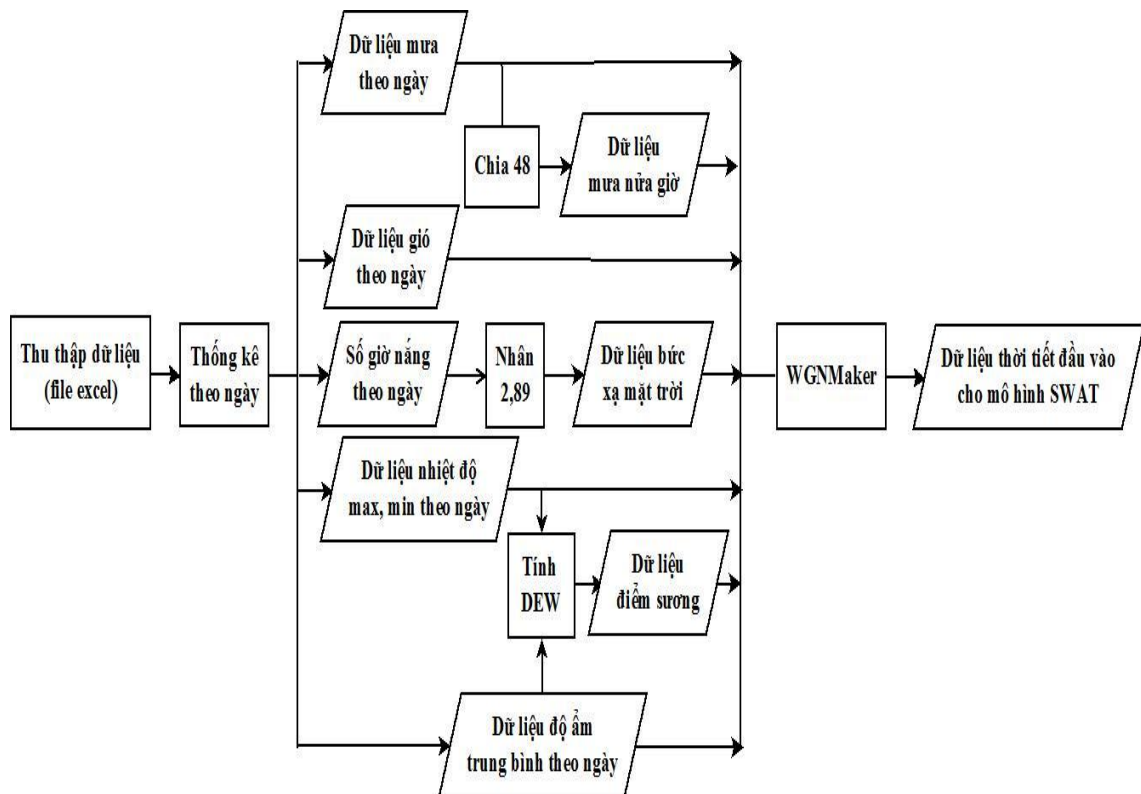
Hình 3.3. Quy trình xử lý dữ liệu sử dụng đất

3.2.2.3 Dữ liệu thổ nhưỡng

Tiến trình xử lý dữ liệu thổ nhưỡng tương tự như đối với dữ liệu sử dụng đất. Sau khi xử lý ta được bản đồ thổ nhưỡng dưới dạng raster và bảng tra mã loại đất đúng theo yêu cầu đầu vào của mô hình SWAT.

3.2.2.4 Dữ liệu thời tiết

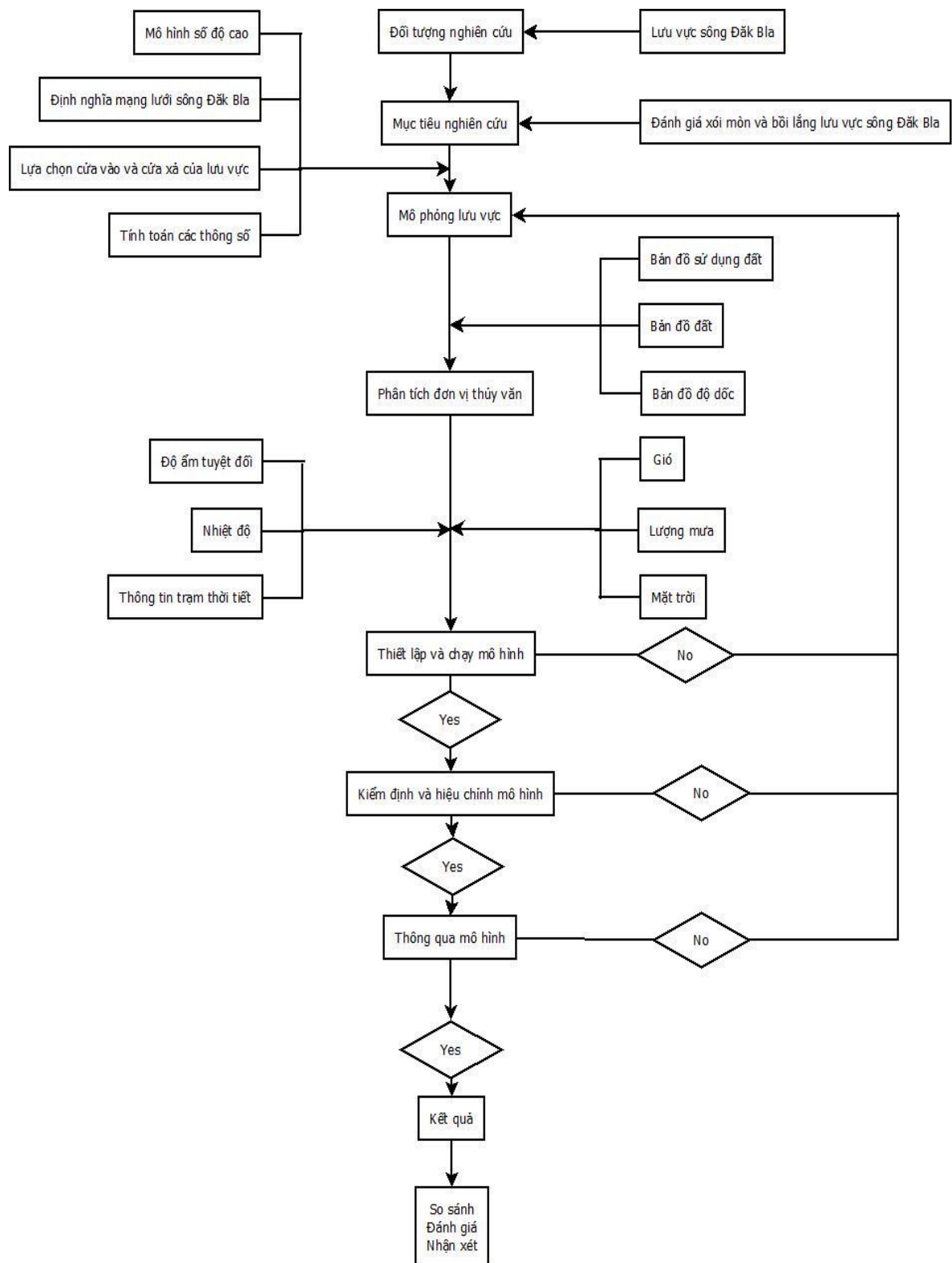
Dữ liệu thời tiết sau khi thu thập được tiến hành thống kê theo ngày. Sau đó tiến hành tính thêm yếu tố điểm sương bằng công cụ “TinhDEW” dựa trên nhiệt độ lớn nhất, nhiệt độ nhỏ nhất và độ ẩm trung bình. Sử dụng công cụ “WGNmaker” để tính các thông số cho các trạm thời tiết sử dụng trong ArcSwat.



Hình 3.4. Quy trình xử lý dữ liệu thời tiết

3.2.3 Tiến trình ứng dụng mô hình SWAT

Dựa trên dữ liệu cần thiết để chạy mô hình SWAT như DEM, bản đồ sử dụng đất, bản đồ thổ nhưỡng và các bảng dữ liệu thời tiết (mưa, gió, mặt trời, nhiệt độ, độ ẩm tương đối), quá trình chạy SWAT được tiến hành bao gồm các bước : mô phỏng lưu vực, phân tích đơn vị thủy văn, thiết lập và chạy mô hình, kiểm định và chạy mô hình, thông qua mô hình. Toàn bộ quá trình được tiến hành như hình 3.2 với sự hỗ trợ của phần mềm ArcSWAT 2012. Sau khi tiến hành chạy mô hình SWAT cho ra kết quả xói mòn bồi lắng xong, ta dựa vào đó để so sánh và đánh giá 2 giai đoạn 2005 – 2010 và 2015 – 2020. Từ đó đưa ra nhận xét và kiến nghị về quy hoạch sử dụng đất của địa phương.



Hình 3.5. Quy trình chạy SWAT đánh giá xói mòn – bồi lắng lưu vực Đak Bla tỉnh Kon Tum

3.2.4 Đánh giá độ chính xác

Hiệu quả của mô hình được đánh giá bằng cách so sánh kết quả chạy mô hình với số liệu thực đo dòng chảy của lưu vực theo năm, tháng, ngày.

Để đánh giá độ tin cậy của mô hình người ta thường sử dụng Hệ số xác định (R^2) (P. Krause và ctv, 2005) và chỉ số Nash – Sutcliffe (NSI) (Nash, J.E. và J.V. Sutcliffe, 1970). Trong khuôn khổ đề tài thì kiểm định mô hình sử dụng chỉ số NSI thông qua phần mềm SWAT-CUP.

- Công thức tính hệ số xác định (R^2) là:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 - \sum_{i=1}^n (x'_i - x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

+ Trong đó:

R^2 : Hệ số xác định hiệu quả của mô hình

i : Chỉ số biến thiên của dữ liệu

x_i : Giá trị đo đạc thực tế

x'_i : Giá trị tính toán theo mô hình

$\bar{x}$: Giá trị thực đo trung bình

n : Số lượng giá trị tính toán

+ Hệ số hiệu quả của mô hình thường nhỏ hơn 1 và lớn hơn 0. Nếu R^2 lớn hơn 0,9 và nhỏ hơn 1,0 thì mô hình cho kết quả tốt. Nếu R^2 lớn hơn 0,7 và nhỏ hơn 0,9 thì mô hình cho kết quả khá. Nếu R^2 lớn hơn 0,5 và nhỏ hơn 0,7 thì mô hình cho kết quả trung bình. Nếu R^2 lớn hơn 0,3 và nhỏ hơn 0,5 thì mô hình cho kết quả kém, lúc đó phải xem xét lại cách hiệu chỉnh các thông số của mô hình cũng như số liệu đầu vào.

- Công thức tính chỉ số NSI:

$$NSI = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2}$$

+ Trong đó:

O : Giá trị thực đo

i : Chỉ số biến thiên của dữ liệu.

n : Số lượng giá trị tính toán

P : Giá trị mô phỏng

$\bar{O}$: Giá trị thực đo trung bình

+ Chỉ số NSI chạy từ $-\infty$ đến 1. Nếu NSI nhỏ hơn hoặc gần bằng 0, khi đó kết quả được xem là không thể chấp nhận hoặc độ tin cậy kém. Ngược lại, nếu NSI bằng 1, thì kết quả mô phỏng của mô hình là hoàn hảo.

Hiệu chỉnh mô hình: Nếu kiểm định mô hình mà các chỉ số không đạt yêu cầu thì ta phải quay lại hiệu chỉnh và kiểm tra lại các thông số đầu vào của mô hình rồi chạy lại mô hình.

3.3 Cơ sở tính toán xói mòn bồi lắng trong mô hình SWAT

Trong mô hình SWAT, lượng bồi lắng được tính bằng phương trình mất đất phổ quát sửa đổi (MUSLE) (Williams, 1975). MUSLE là một phương trình sửa đổi từ phương trình mất đất phổ quát (USLE) của Wischmeier và Smith (1965, 1978). Công thức của phương trình mất đất phổ quát sửa đổi (Williams, 1975):

$$sed = 11.8.(Q_{surf}.q_{peak}.area_{hru})^{0.56}.K_{USLE}.C_{USLE}.P_{USLE}.LS_{USLE}.CFRG$$

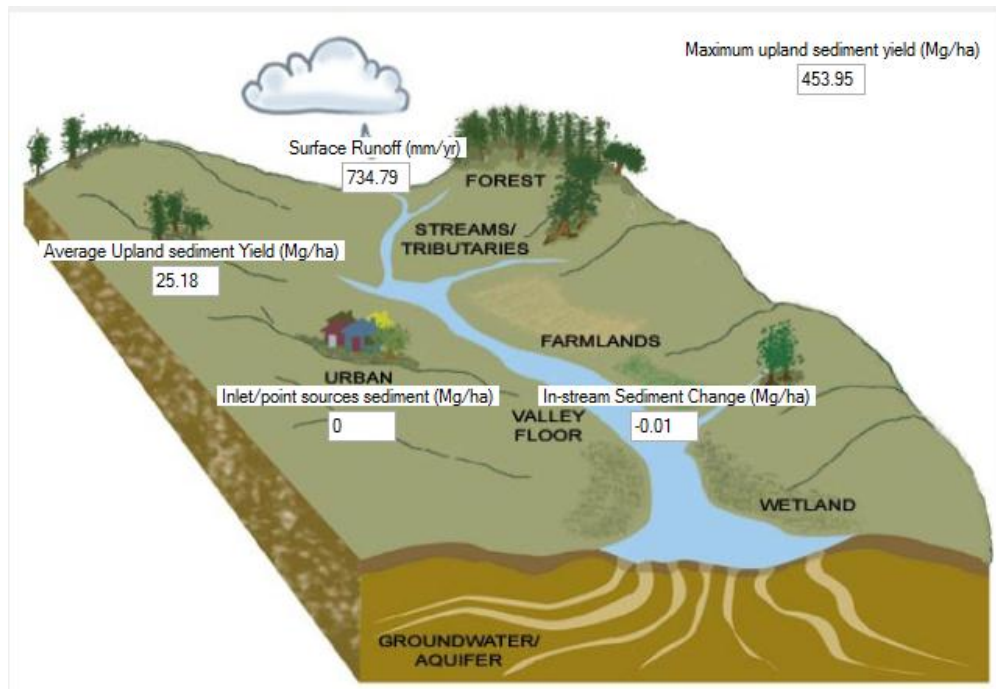
Trong đó:

+ sed : sản lượng trầm tích trong một ngày cụ thể (tấn).

+ Q_{surf} : lượng dòng chảy bề mặt (mm H₂O/ha).

+ q_{peak} : tốc độ dòng chảy đỉnh điểm (m³/s).

- + $area_{hru}$: diện tích của HRU (ha).
- + K_{USLE} : hệ số thể hiện khả năng xói mòn của đất trong phương trình USLE.
- + C_{USLE} : tỉ số giữa lượng đất mất trên một đơn vị diện tích có lớp phủ thực vật và sự quản lý của con người đối với lượng đất mất trên một diện tích trống tương đương trong phương trình USLE.
- + P_{USLE} : hệ số đánh giá hiệu quả của các phương thức canh tác, phản ánh các hoạt động làm đất của con người nhằm bảo vệ đất trong việc hạn chế xói mòn trên vùng đất dốc trong phương trình USLE.
- + LU_{USLE} : Là đại lượng biểu thị cho sự ảnh hưởng của nhân tố độ dốc (S) và độ dài sườn dốc (L) tới hoạt động xói mòn đất trong phương trình USLE.
- + CFRG : hệ số phân mảnh thô.



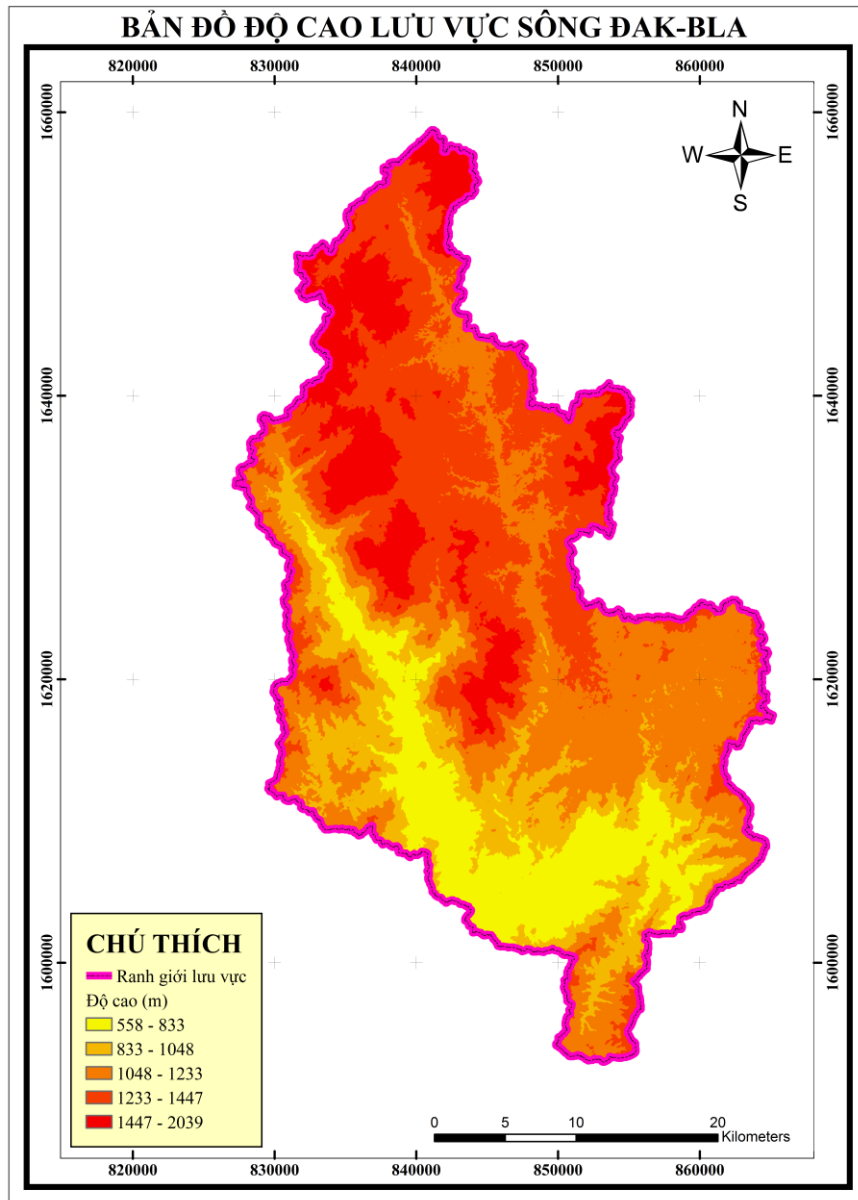
Hình 3.6. Mô phỏng lượng bồi lắng trong mô hình SWAT

CHƯƠNG 4. KẾT QUẢ - THẢO LUẬN

4.1 Bộ cơ sở dữ liệu đầu vào cho mô hình SWAT tại lưu vực sông Đak Bla

4.1.1 Dữ liệu DEM

Dữ liệu địa hình của lưu vực sông Đak Bla được thu thập từ trang web của USGS. Từ dữ liệu DEM nghiên cứu tiến hành phân định ranh giới lưu vực, hướng dòng chảy, các điểm đầu ra của lưu vực. Nhìn vào hình 4.1 ta thấy được địa hình của lưu vực Đak Bla dao động trong khoảng từ 558 – 2039 m. Địa hình của lưu vực có xu hướng thấp dần từ Bắc xuống Nam. Trong đó phía Bắc của lưu vực tập trung các đỉnh núi cao thuộc khối núi Ngọc Linh. Địa hình trong lưu vực chủ yếu là đồi núi. Đây là điều kiện dẫn đến mật độ cao của mạng lưới thủy văn lưu vực cũng như tiềm năng phát triển thủy điện trong khu vực. Tuy nhiên, địa hình đồi núi cộng với việc khai thác rừng cũng như tiềm năng thủy điện một cách ồ ạt đã dẫn đến việc xói mòn đất xảy ra ngày càng mạnh hơn và do vậy, lượng bồi lắng theo dòng trong lưu vực cũng tăng cao hơn.

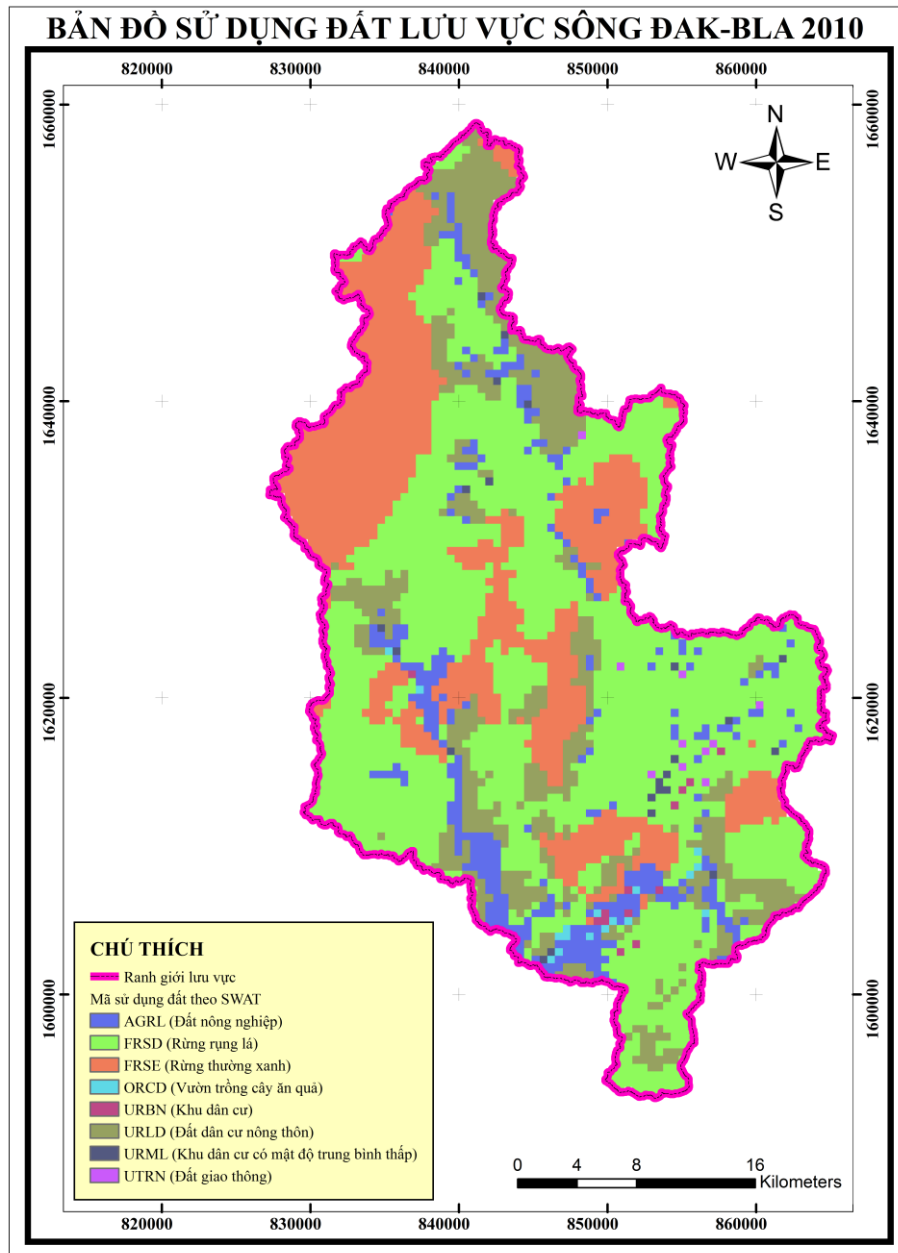


Hình 4.1. Bản đồ độ cao lưu vực sông Đak Bla tỉnh Kon Tum

4.1.2 Dữ liệu sử dụng đất

4.1.2.1 Dữ liệu sử dụng đất năm 2010

Dữ liệu sử dụng đất cho mô hình SWAT tại lưu vực sông Đak Bla năm 2010 được xây dựng từ bản đồ hiện trạng sử dụng đất năm 2010 của Sở Tài nguyên và môi trường tỉnh Kon Tum. Nhìn vào hình 4.3 ta có thể thấy được loại hình sử dụng đất của lưu vực chủ yếu là đất rừng (93.030 ha) và đất nông nghiệp (9.443 ha). Điều này giúp cho bề mặt đất đai được phủ xanh góp phần hạn chế xói mòn và bồi lắng trên địa bàn lưu vực.

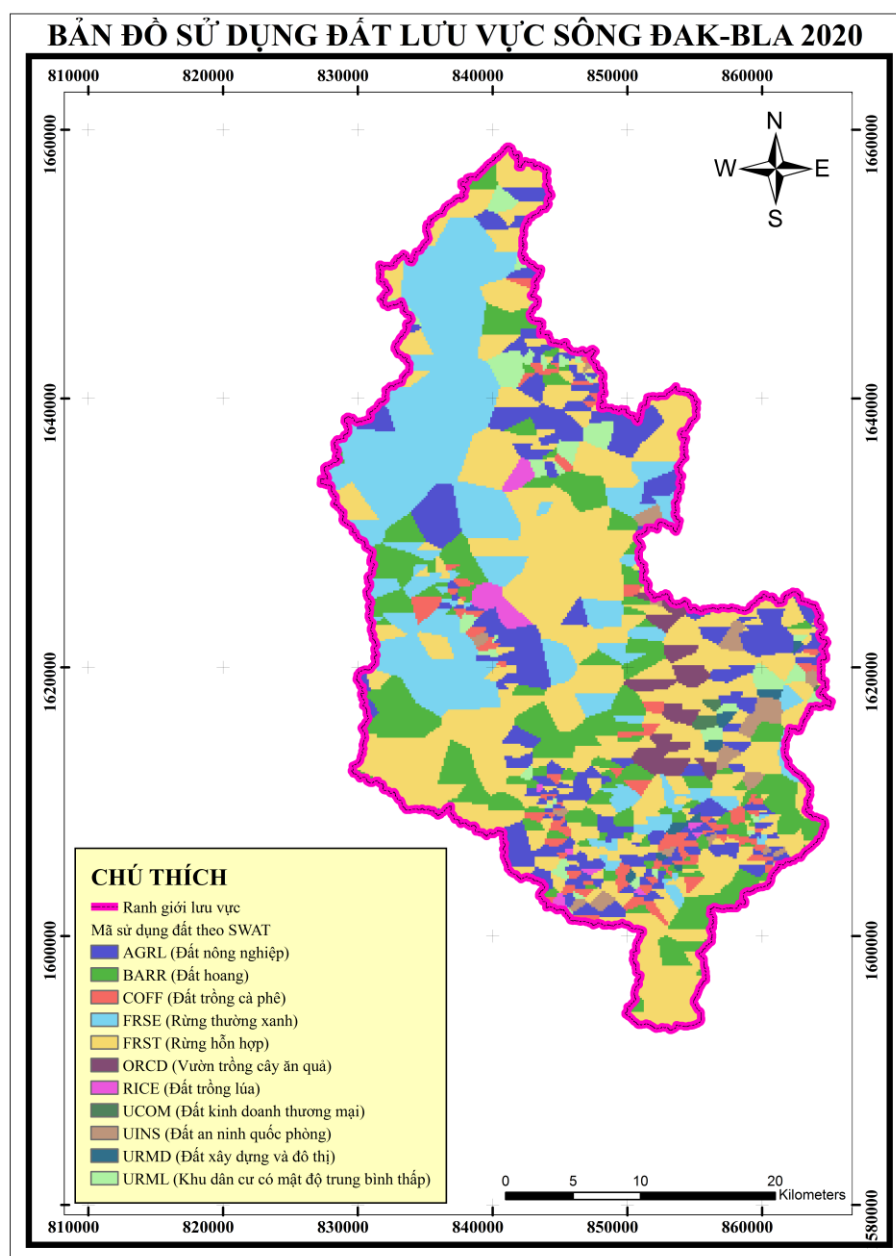


Hình 4.2. Bản đồ sử dụng đất năm 2010 trên lưu vực sông Đak Bla tỉnh Kon Tum

4.1.2.2 Dữ liệu quy hoạch sử dụng đất năm 2020

Dữ liệu sử dụng đất lưu vực sông Đak Bla năm 2020 được xây dựng từ bản đồ quy hoạch sử dụng đất năm 2020 của Sở Tài nguyên và Môi trường tỉnh Kon Tum. Nhìn vào hình 4.3 ta có thể thấy được sự suy giảm diện tích của đất rừng (giảm 19.655 ha). Bên cạnh đó ta cũng có thể thấy sự xuất hiện và gia tăng của các loại hình sử dụng đất khác như : đất phi nông nghiệp (18.883 ha), đất kinh doanh và các khu dân cư đô

thị (tăng 5.508 ha). Chính những lý do này đã làm gia tăng nguy cơ xói mòn và bồi lắng trên địa bàn lưu vực.



Hình 4.3. Bản đồ sử dụng đất dự kiến tại lưu vực sông Đak Bla tỉnh Kon Tum năm 2020

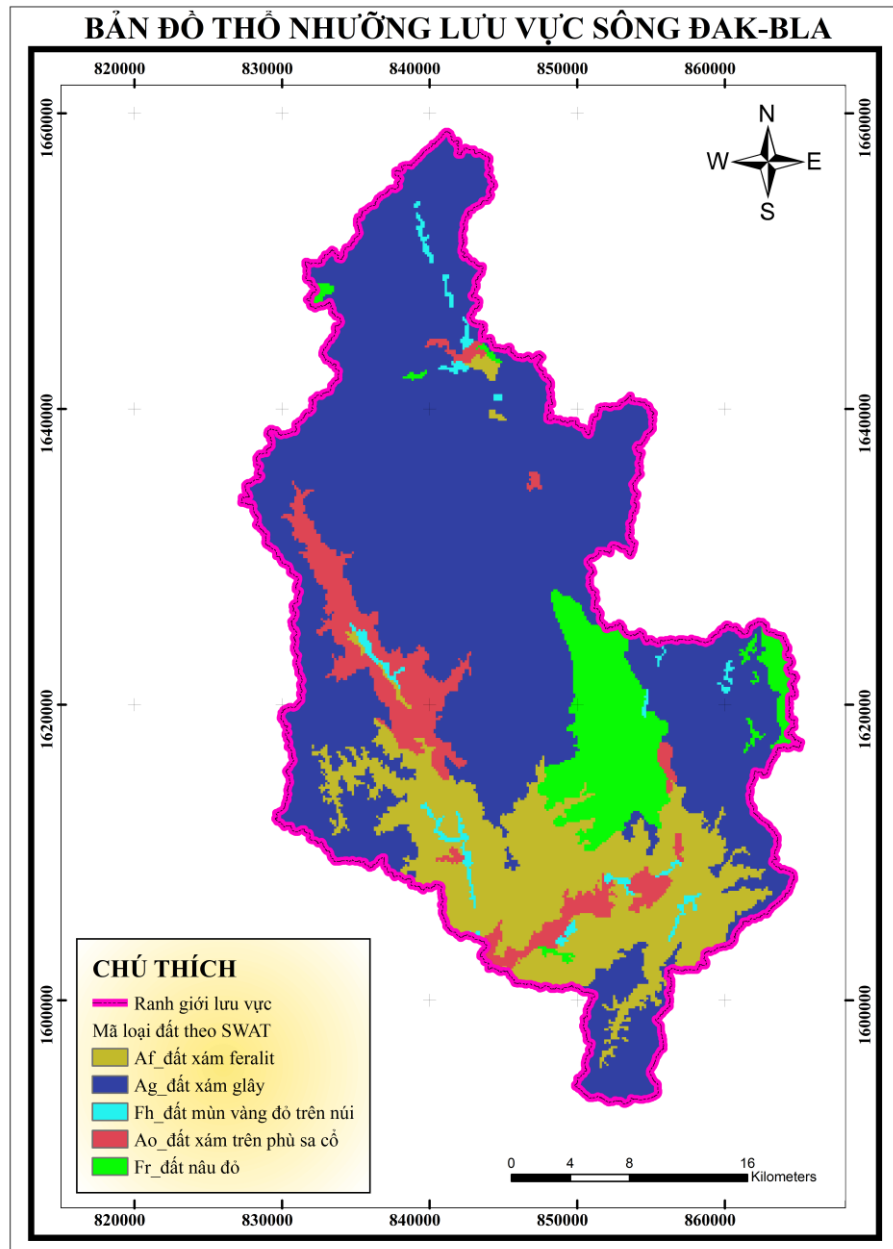
4.1.3 Dữ liệu đất

Dữ liệu đất lưu vực sông Đak Bla được xây dựng dựa trên bản đồ đất năm 2000 tỉnh Kon Tum. Từ bản đồ này, ta tiến hành cắt theo ranh giới lưu vực và chuyển đổi thành dạng raster bằng các công cụ trong Arcgis để được bản đồ đất lưu vực Đak Bla

dưới dạng raster để thỏa yêu cầu dữ liệu đất đầu vào của SWAT. Sau đó ta tra theo bảng hệ thống phân loại đất FAO74 và chú thích tính chất của từng loại đất. Từ đó ta đối chiếu và lựa chọn mã loại đất tương ứng trong SWAT. Sau đó ta làm file ghi chú loại đất dưới dạng .txt hoặc .dbf. Kết quả lưu vực Đak Bla được chia thành 17 loại đất theo FAO70 và 14 loại trong bảng mã SWAT. Các loại đất được thể hiện rõ trong hình 4.4. Các loại đất và mã của chúng trong SWAT được thể hiện như trong bảng 4.2. Dựa vào bảng 4.2 ta thấy được loại đất xám gầy là loại đất phổ biến nhất trong khu vực (chiếm tỉ lệ 66,11%). Đặc điểm của loại đất này là đất có thành phần cơ giới nhẹ ở tầng canh tác (cát pha thịt hoặc thịt pha cát), không có kết cấu hay kết cấu kém bền, các tầng phía dưới có thành phần cơ giới nặng, kết cấu cục hoặc tảng. Ngoài ra trong khu vực nghiên cứu còn phổ biến loại đất xám Feralit (chiếm tỉ lệ 18,07%) với đặc điểm địa chất phụ thuộc vào lớp đá mẹ và kết cấu ít bền vững. Điều này đã làm nguy cơ xói mòn ở lưu vực luôn ở mức cao và đáng báo động.

Bảng 4.1 Tỉ lệ các loại đất trong lưu vực Đak Bla

STT	Tên đất theo FAO	Mã SWAT	Diện tích(km ²)	Tỉ lệ (%)
1	Ferric Acrisols	Af	368,44	18,07
2	Gleyic Acrisols	Ag	1347,98	66,11
3	Orthic Acrisols	Ao	133,14	6,53
4	Rhodic Ferralsols	Fr	156,18	7,66
5	Rhodic Ferralsols	G	7,54	0,37
6	Humic Ferralsols	Fh	25,69	1,26



Hình 4.4. Bản đồ đất lưu vực sông Đak Bla, Kon Tum

4.1.4 Dữ liệu khí tượng – thủy văn

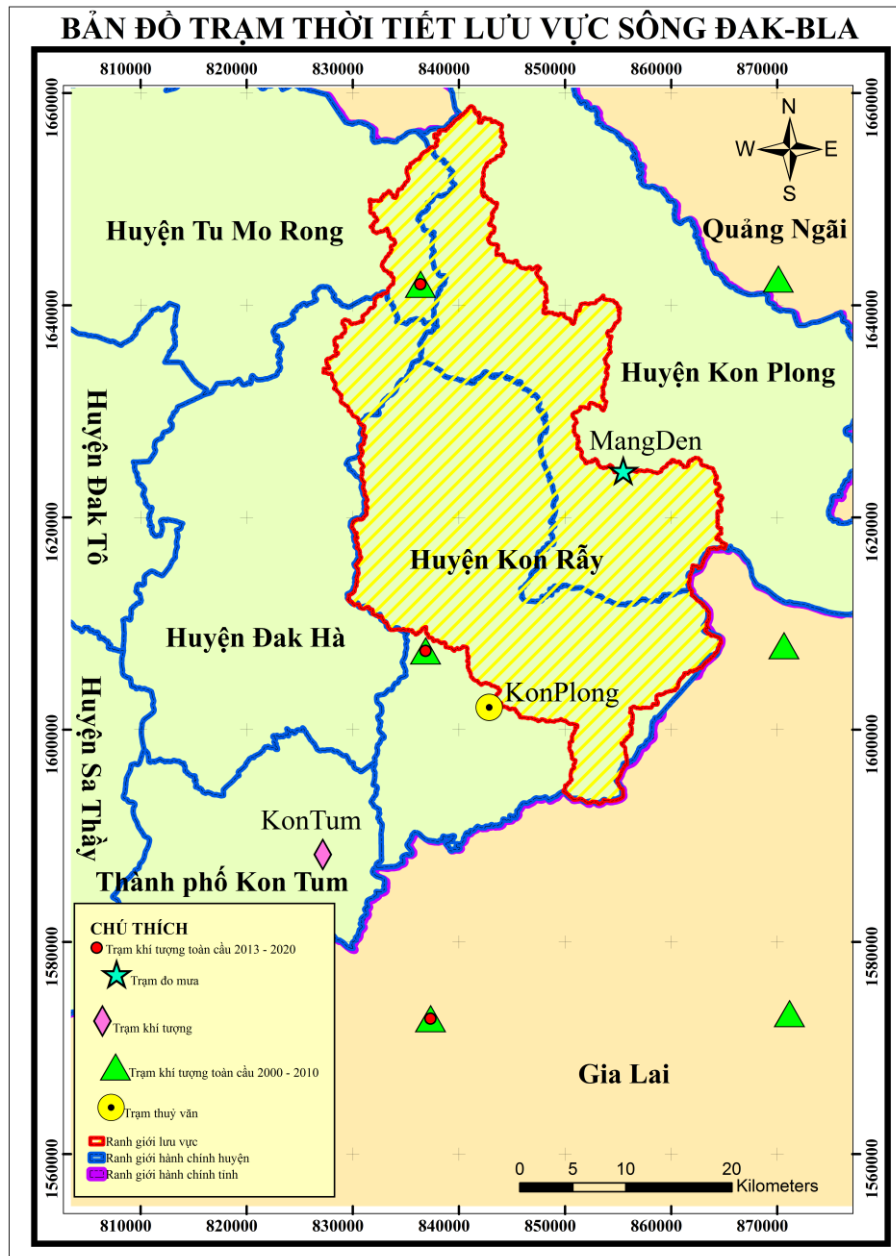
Trong khuôn khổ phạm vi đề tài, số liệu khí tượng thủy văn được thu thập bao gồm lượng mưa; nhiệt độ không khí lớn nhất, nhỏ nhất; số giờ nắng; dữ liệu gió; độ ẩm không khí trung bình và lưu lượng dòng chảy. Dữ liệu thời tiết để mô phỏng gian đoạn 2005 - 2010 được lấy từ 5 trạm: trạm Măng Đen, trạm Kon Tum và 6 trạm thời tiết toàn cầu (1421081, 1451081, 1481081, 1421084, 1451084 và 1481084). Dữ liệu thời tiết để mô phỏng giai đoạn 2015 – 2020 được lấy từ 3 trạm thời tiết toàn

cầu(1421081_2020, 1451081_2020 và 1481081_2020). Dữ liệu thủy văn được lấy từ trạm Kon Plong. Vị trí các trạm được thể hiện như hình 4.5.

Bảng 4.2 Đặc trưng địa lý của các trạm quan trắc khí tượng

STT	Trạm đo	Vĩ độ Bắc(⁰)	Kinh độ Đông(⁰)	Cao độ(m)	Yếu tố đo đạc	Khoảng giá trị
1	1421081	14,200	108,000	673	P, T, S, W, H, E	1/1/2005 – 31/12/2010
2	1451081	14,600	108,000	1004	P, T, S, W, H, E	1/1/2005 – 31/12/2010
3	1481081	14,800	108,000	1339	P, T, S, W, H, E	1/1/2005 – 31/12/2010
4	1421084	14,206	108,438	1031	P, T, S, W, H, E	1/1/2005 – 31/12/2010
5	1451084	14,519	108,438	1095	P, T, S, W, H, E	1/1/2005 – 31/12/2010
6	1481084	14,831	108,438	359	P, T, S, W, H, E	1/1/2005 – 31/12/2010
7	Kon Tum	14,347	108,033	527	P, T, S, W, H, E	1/1/2005 – 31/12/2010
8	Kon Plong	14,470	108,180		TV	1/1/2005 – 31/12/2010
9	Măng Đen	14,670	108,300	1178	P	1/1/2005 – 31/12/2010
10	1421081_2020	14,200	108,000	673	P, T, S, W, H, E	1/1/2015 - 31/12/2020
11	1451081_2020	14,600	108,000	1004	P, T, S, W, H, E	1/1/2015 - 31/12/2020
12	1481081_2020	14,800	108,000	1339	P, T, S, W, H, E	1/1/2015 - 31/12/2020

Ghi chú: P (Lượng mưa), T (Nhiệt độ), S (Nhật chiếu), W (Gió), H (Độ ẩm), E (Bốc hơi), TV(thủy văn)



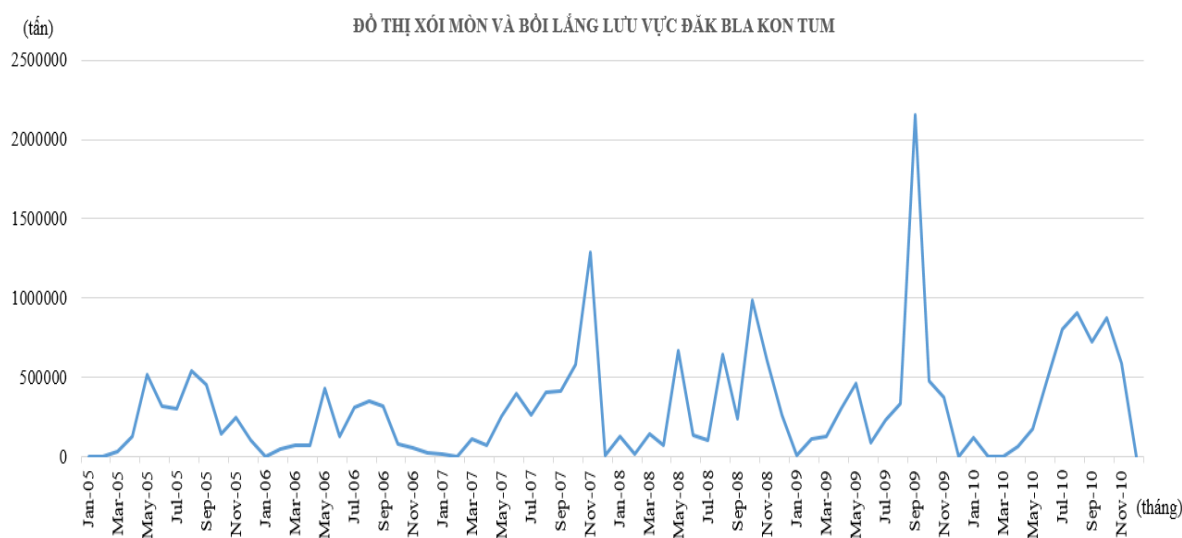
Hình 4.5. Vị trí các trạm khí tượng thủy văn để mô phỏng xói mòn bồi lắng lưu vực sông Đak Bla, Kon Tum

4.2 Kết quả mô phỏng tính toán xói mòn bồi lắng

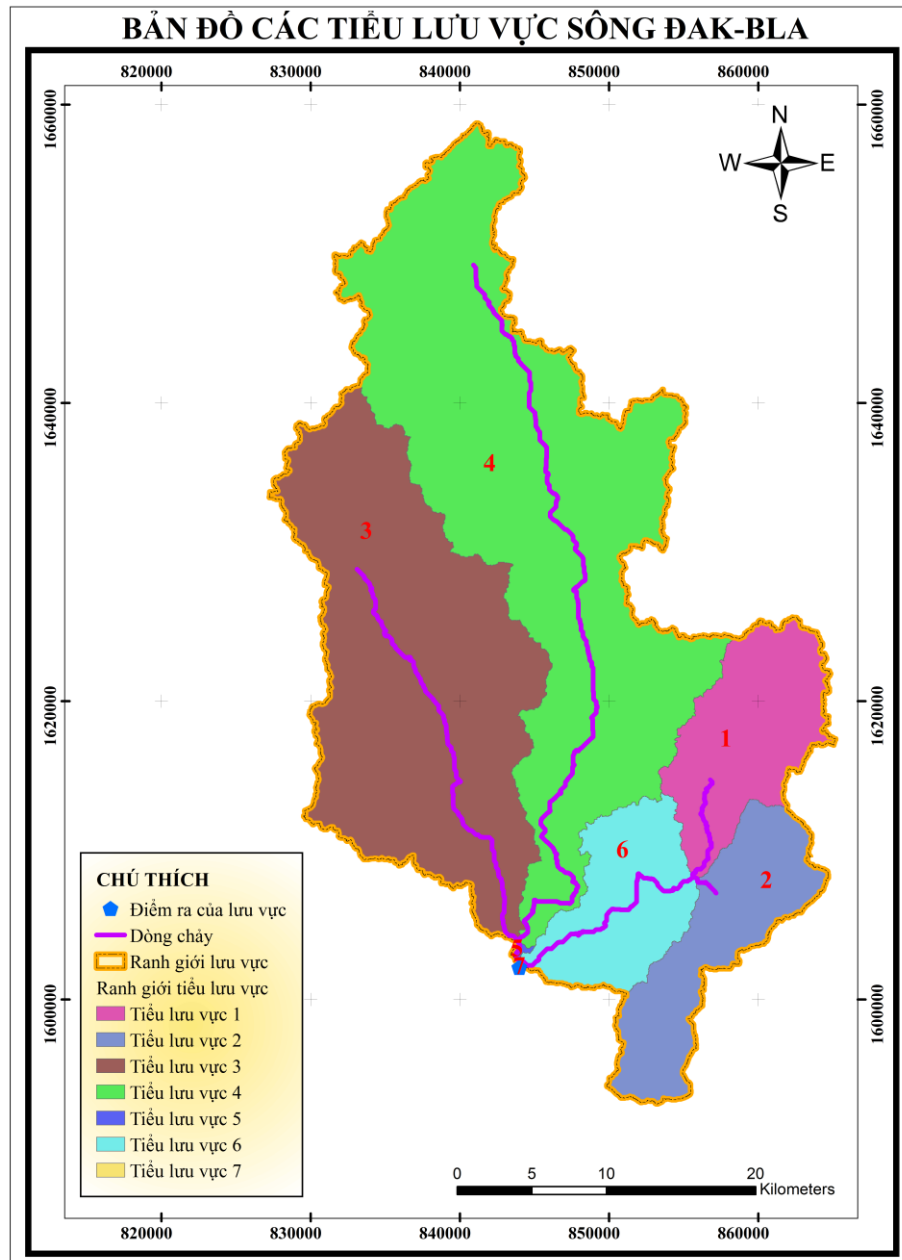
4.2.1 Giai đoạn từ 2005 – 2010

Từ các dữ liệu đầu vào như mô hình độ cao số (DEM), hiện trạng sử dụng đất, loại đất, độ dốc thì mô hình SWAT sẽ tự tạo ra các đơn vị thủy văn (HRUs) tại khu vực nghiên cứu. Sau khi tạo ra các đơn vị thủy văn, ta thiết lập dữ liệu thời tiết và tiến hành chạy mô hình. Sau khi tiến hành chạy mô hình thì ta có được kết quả bồi lắng

giai đoạn 2005 – 2010. Theo như kết quả mô phỏng ta được tổng lượng bồi lắng trên lưu vực đạt 21.964.060,2 tấn. Trong đó lượng bồi lắng đỉnh điểm đạt 2.159.000 tấn vào tháng 9/2009. Lượng bồi lắng tăng rõ rệt vào mùa mưa (tháng 5 đến tháng 11) so với mùa nắng (gấp gần 10 lần: 19.887.400 và 2.076.660,2 tấn) và đạt đỉnh điểm vào tháng 9 (4.311.200 tấn). Điều này được lý giải là do lượng mưa tập trung với cường độ và tổng lượng lớn vào mùa mưa nên khiến khả năng xói mòn tăng cao. Trong giai đoạn 2005 – 2010, lượng bồi lắng nhiều nhất mô phỏng được tại tiểu lưu vực số 5 với tổng lượng bồi lắng đạt 15.504.480 tấn do lưu lượng dòng chảy lớn ($7.770,6 \text{ m}^3/\text{s}$). Trong khi đó tiểu lưu vực số 1 lại có tổng lượng bồi lắng nhỏ nhất trong 7 tiểu lưu vực khi lượng bồi lắng chỉ đạt 1.051.961 tấn. Điều này cũng dễ hiểu khi đây là tiểu lưu vực đầu nguồn với diện tích rừng khá lớn và lưu lượng dòng chảy thấp ($435, 39 \text{ m}^3/\text{s}$).



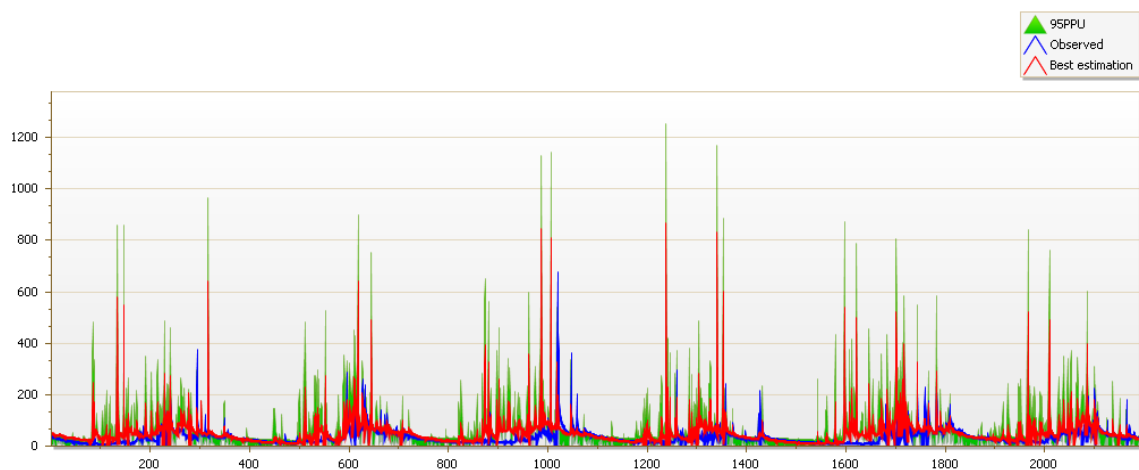
Hình 4.6. Lượng bồi lắng trên lưu vực sông Đắk Bla giai đoạn 2005 -2010



Hình 4.7. Bản đồ phân định các tiểu lưu vực trên lưu vực Đak Bla tỉnh Kon Tum

Sau khi chạy mô hình, nghiên cứu tiến hành kiểm chứng mô hình thông qua chỉ số NSI dựa trên lưu lượng dòng chảy của trạm Kon Plong. Kết quả kiểm chứng cho thấy chỉ số NSI của mô hình bằng 0,04. Sở dĩ chỉ số NSI chưa cao là do dữ liệu tiếp cận được còn hạn chế, trạm đo cách khá xa so với đầu ra của lưu vực nên tính chính xác của mô hình thấp. Bên cạnh đó dữ liệu khí tượng quan trắc được không đầy đủ do có những ngày có dữ liệu trống. Số trạm thời tiết thực đo nằm trên lưu vực chỉ có trạm

Kon Tum và trạm Măng Đen còn lại chỉ toàn là dữ liệu khí tượng mô phỏng. Trong khi đó trạm Măng Đen cũng chỉ có dữ liệu duy nhất là dữ liệu mưa. Một điều lý giải giá trị mô phỏng đạt độ tin cậy thấp như vậy nữa là do các công trình thủy điện được xây dựng trên dòng chảy (như thủy điện Đak Nơ Pe 1, 2, 2ab; thủy điện Đak Ne; thủy điện Thượng Kon Tum và thủy điện Đaks Grét) đã làm điều hòa dòng chảy và khiến cho giá trị thực đo khác xa với giá trị mô phỏng. Một hạn chế khác đó là mô hình SWAT sử dụng một số phương trình thực nghiệm được phát triển dựa trên điều kiện khí hậu ở Hoa Kỳ. Trong điều kiện như vậy kết quả đầu ra của mô hình là tạm chấp nhận được.

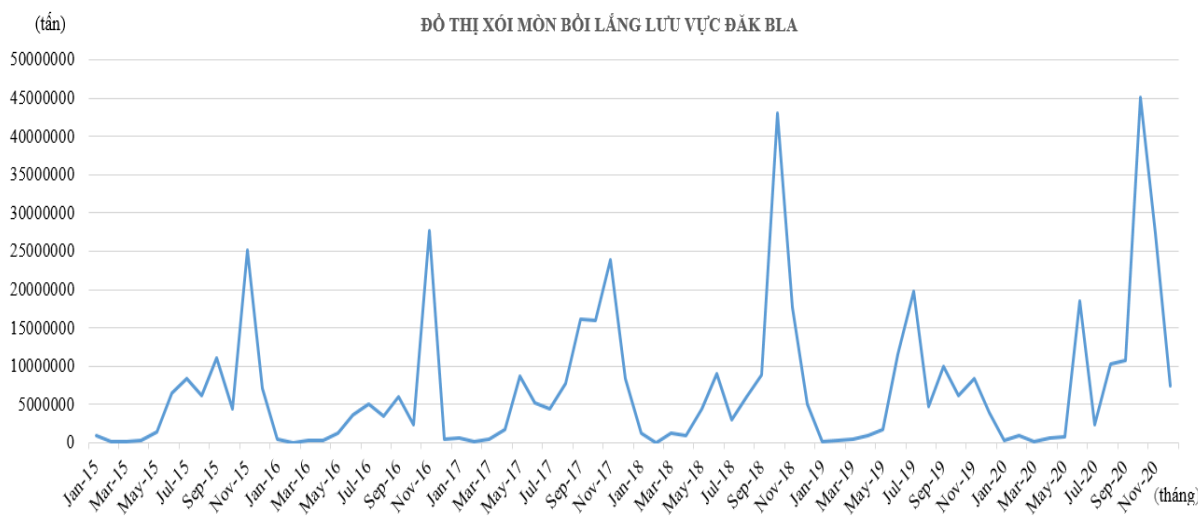


Hình 4.8. Biểu đồ kiểm chứng lưu lượng dòng chảy đầu ra của lưu vực sông Đak Bla trong mô hình SWAT bằng phần mềm SWAT – CUP

4.2.2 Giai đoạn 2015 – 2020

Từ sự khác biệt của dữ liệu đầu vào (dữ liệu quy hoạch sử dụng đất đến năm 2020 và dữ liệu thời tiết giai đoạn 2015 – 2020) mô hình SWAT tiến hành mô phỏng cho ra kết quả lượng bồi lắng giai đoạn 2015 – 2020 trên lưu vực. Tổng lượng bồi lắng tại lưu vực sông Đak Bla giai đoạn 2015 – 2020 là 509.959.470 tấn. Trong đó lượng bồi lắng đỉnh điểm đạt 45.130.000 tấn vào tháng 10/2020. Lượng bồi lắng tăng khoảng 10,2 lần vào mùa mưa so với mùa nắng (464.431.600 và 45.527.870 tấn). Lượng bồi lắng đạt đỉnh điểm vào tháng 11 (130.085.000 tấn). Giai đoạn 2015 - 2020 cũng xảy ra tình trạng tương tự như giai đoạn 2005 -2010 khi tổng lượng bồi lắng của lưu vực số 5

cũng cao nhất trong các tiểu lưu vực khi lên tới 341.366.570 tấn và tổng lượng xói mòn nhỏ nhất nằm trên tiểu lưu vực số 1 là 37.848.451 tấn. Ta cũng có thể thấy sự chênh lệch lớn khi so tổng lượng bồi lắng giữa 2 giai đoạn theo từng tiểu lưu vực khi tổng lượng bồi lắng trên tiểu lưu vực số 5 tăng hơn 22 lần và tiểu lưu vực số 1 cũng tăng gần 38 lần.

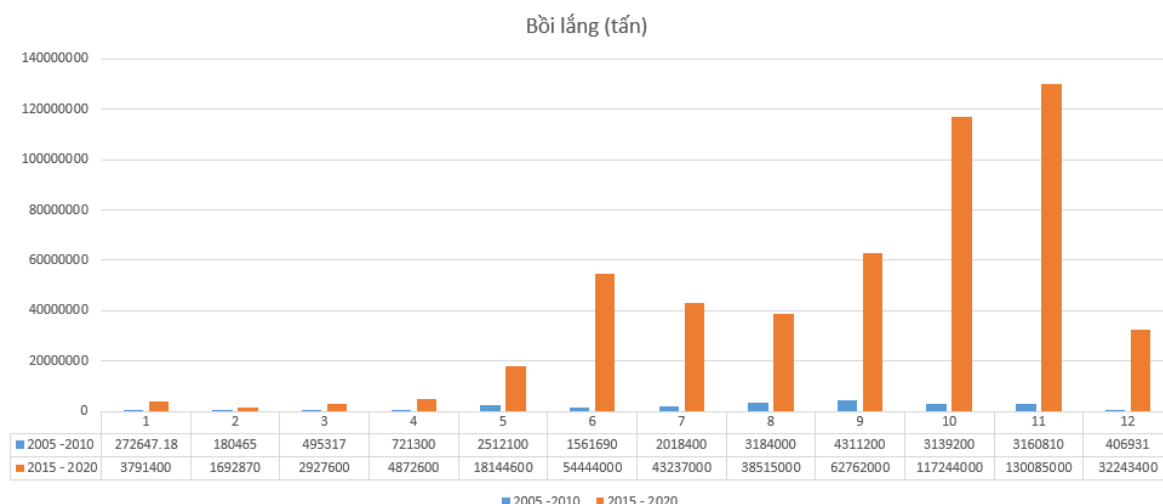


Hình 4.9. Lượng bồi lắng trên lưu vực sông Đắk Bla giai đoạn 2015 -2020

4.3 Đánh giá xói mòn – bồi lắng giữa hai giai đoạn

Kết quả mô phỏng bồi lắng xói mòn cho ta thấy lượng bồi lắng do xói mòn của giai đoạn 2 cao hơn giai đoạn 1 một cách đáng báo động. Cụ thể là tổng lượng bồi lắng đã tăng từ 21.964.060, 2 tấn lên 509.959.470 tấn tức là tăng đến hơn 23 lần. Nhìn vào hình 4.8 ta cũng thấy được lượng bồi lắng trung bình cũng tăng cao một cách đáng lo ngại. Cụ thể không có tháng nào tăng dưới 6 lần. Cá biệt từ tháng 10 đến tháng 12 tăng đến từ 37 – 80 lần. Trong đó tháng có lượng bồi lắng tăng cao nhất là tháng 12 tăng đến gần 80 lần, tháng có lượng xói mòn tăng thấp nhất là tháng 3 cũng tăng xấp xỉ 6 lần. Các con số trên biểu thị một thực trạng đáng lo ngại là nếu giữ nguyên đề án quy hoạch thì lượng bồi lắng và xói mòn sẽ gia tăng một cách khủng khiếp gây ảnh hưởng nghiêm trọng đến đời sống của dân cư và hiện trạng môi trường lưu vực. Lượng bồi lắng xói mòn cao một cách đột biến vào các tháng mùa mưa (tháng 5 đến tháng 11) và tháng 12 chứng tỏ kết cấu đất đã yếu đi rất nhiều dẫn đến khả năng xói mòn tăng cao.

Đây là hệ quả của việc quy hoạch sử dụng đất để phát triển kinh tế một cách không hợp lý trong lưu vực.



Hình 4.10. So sánh lượng bồi lắng trung bình theo tháng giữa giai đoạn 2005 - 2010 và giai đoạn 2015 – 2020

4.4 Đề xuất giải pháp hỗ trợ công tác đề xuất quy hoạch sử dụng đất

Bài toán quy hoạch sử dụng đất là bài toán tối ưu hóa lợi ích dựa trên 3 biến : kinh tế, xã hội và môi trường. Tức là đảm bảo phát triển kinh tế nhưng vẫn không làm suy giảm quá mức môi trường cũng như đời sống xã hội. Đề án quy hoạch sử dụng đất trong lưu vực theo định hướng của tỉnh đã làm cho tình trạng bồi lắng do xói mòn trong khu vực ngày càng thêm trầm trọng. Điều này đòi hỏi các cơ quan chức năng có thẩm quyền cần định hướng quy hoạch lại và giải quyết tốt 3 vấn đề sau đây: tăng thảm phủ thực vật, cân bằng phát triển kinh tế và bảo vệ môi trường, tính toán quy hoạch hợp lý cho quá trình đô thị hóa. Dựa vào kết quả mô phỏng, nghiên cứu đề xuất các giải pháp sau:

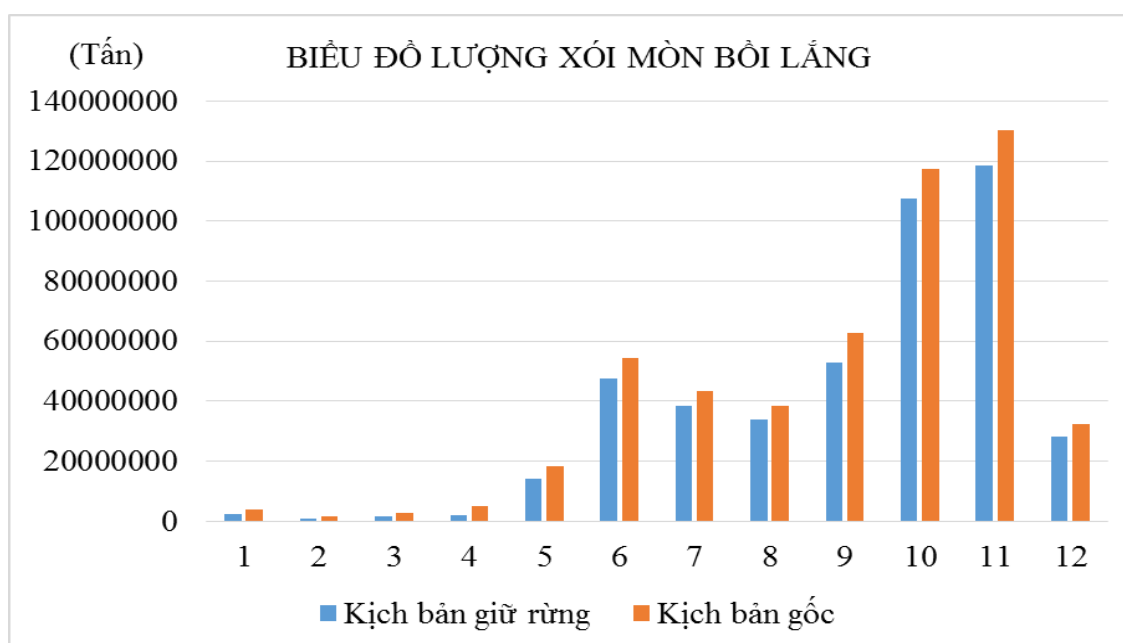
4.4.1 Tăng thảm phủ thực vật

Thảm phủ thực vật là một yếu tố quan trọng trong vấn đề chống xói mòn và bồi lắng. Vì vậy cần phải luôn giữ mật độ che phủ trên lưu vực ở mức hợp lý. Thảm thực vật che phủ không những phải đạt yêu cầu về số lượng mà còn phải đạt yêu cầu cả về chất lượng, tức là phải bảo tồn những cánh rừng lâu năm bên cạnh việc trồng mới các rừng trong những diện tích đã bị triệt phá. Nhất là trong bối cảnh nguồn tài nguyên rừng đang ngày càng suy giảm nghiêm trọng do việc chặt phá rừng bừa bãi và quá

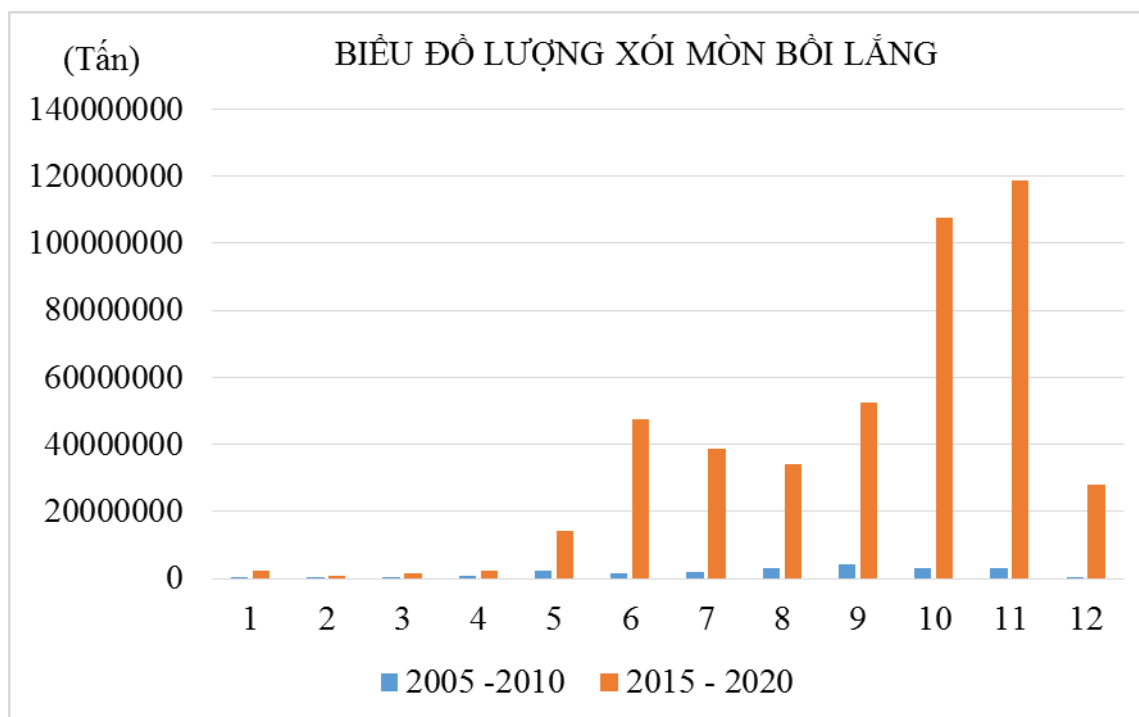
trình quy hoạch sử dụng đất để phát triển kinh tế cộng với việc đô thị hóa. Điều này đòi hỏi các cơ quan có thẩm quyền bên cạnh các biện pháp bảo vệ rừng còn phải quy hoạch kinh tế và phát triển đô thị theo một vùng chuyên biệt, tránh các ảnh hưởng đến các cánh rừng nguyên sinh và rừng phòng hộ, trồng mới các diện tích rừng trong khu vực địa bàn nghiên cứu.

4.4.1.1 Giữ nguyên diện tích rừng

Ta giả định diện tích rừng năm 2020 là không đổi so với năm 2010. Khi đó ta chạy mô hình theo bản đồ sử dụng đất mới này thì được tổng lượng bồi lắng trên lưu vực giảm còn 446.903.956 tấn, tức là giảm hơn 63 triệu tấn so với kịch bản 2015 – 2020 theo quy hoạch và gấp khoảng 20 lần so với giai đoạn 2005 - 2010. Trong đó lượng bồi lắng đỉnh điểm đạt 42.260.000 tấn vào tháng 10/2010. Lượng bồi lắng vào mùa mưa (tháng 5 đến tháng 11) và mùa nắng (tháng 12 và từ tháng 1 đến tháng 4) lần lượt là 412.730.000 và 34.173.956 tấn. Lượng bồi lắng đỉnh điểm tập trung vào tháng 11 (đạt 118.646.000 tấn). Như vậy việc giữ rừng đã góp phần làm giảm lượng bồi lắng trong lưu vực một cách đáng kể. Tuy nhiên lượng bồi lắng trên lưu vực còn khá cao so với giai đoạn 2005 -2010 nên ta cần kết hợp thêm nhiều biện pháp khác.



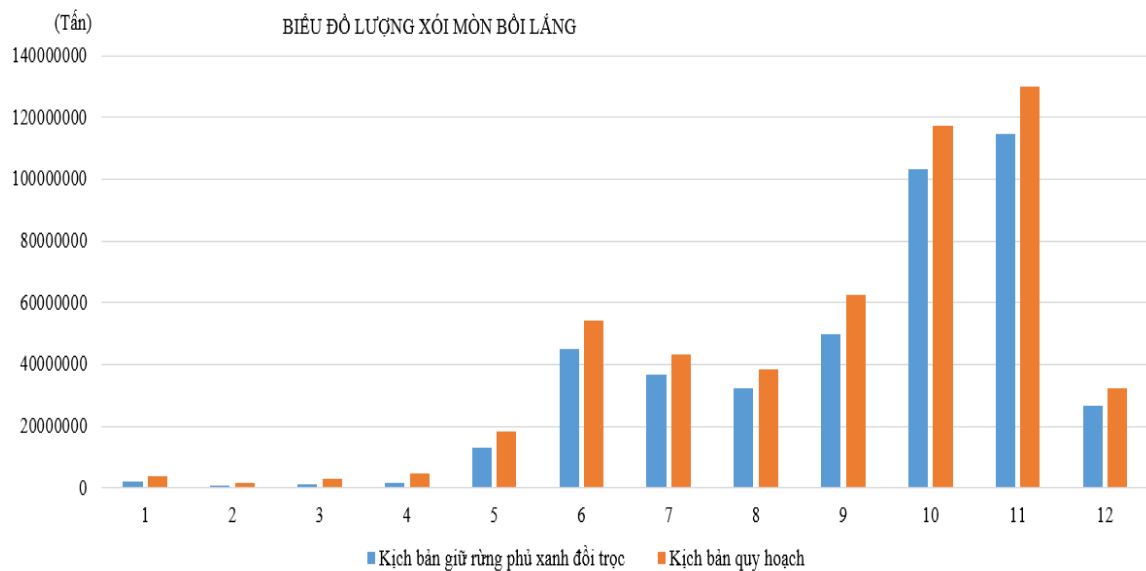
Hình 4.11. So sánh lượng bồi lắng giữa kịch bản giữ nguyên diện tích rừng và kịch bản theo quy hoạch giai đoạn 2015 – 2020



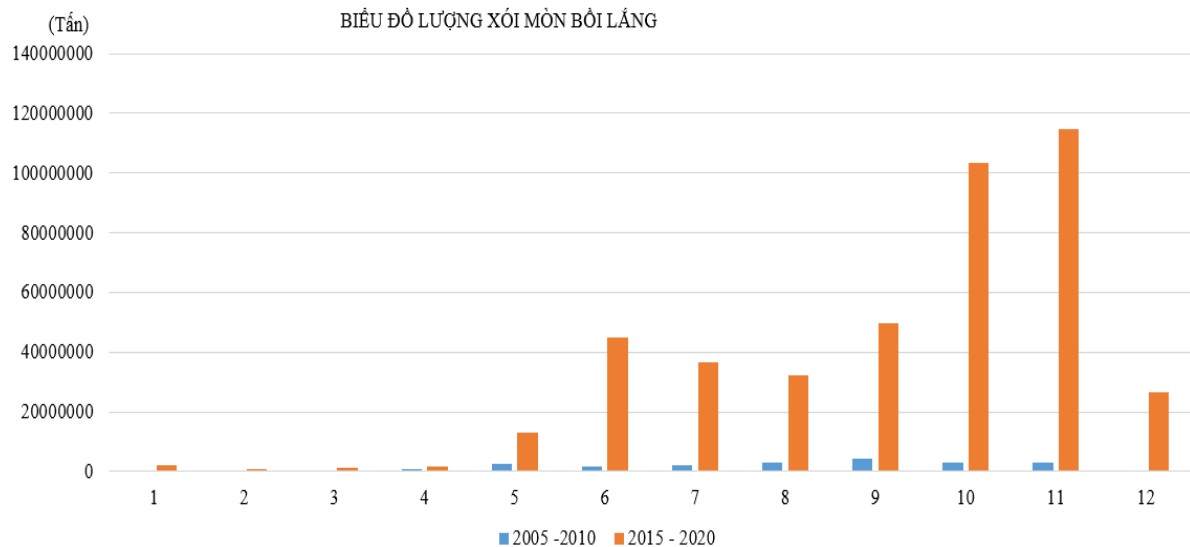
Hình 4.12. So sánh lượng bồi lắng giữa giai đoạn 2005 - 2010 và giai đoạn 1015 - 2020 theo kịch bản giữ nguyên diện tích rừng

4.4.1.2 Giữ nguyên diện tích rừng kết hợp phủ xanh đất trống đồi trọc

Ta giả định diện tích rừng năm 2020 là không đổi so với năm 2010 và toàn bộ đất trống đồi trọc đã được phủ xanh toàn bộ bằng rừng. Khi đó ta chạy mô hình theo bản đồ sử dụng đất mới này thì được tổng lượng bồi lắng trên lưu vực giảm còn 426.474.852 tấn, tức là giảm hơn 83 triệu tấn so với kịch bản theo quy hoạch sử dụng đất cũ và chỉ còn gấp khoảng 19 lần so với giai đoạn 2005 - 2010. Trong đó lượng bồi lắng đỉnh điểm đạt 40.780.000 tấn vào tháng 10/2010. Lượng bồi lắng vào mùa mưa (tháng 5 đến tháng 11) và mùa nắng (tháng 12 và từ tháng 1 đến tháng 4) lần lượt là 394.487.600 và 31.987.252 tấn. Lượng bồi lắng đỉnh điểm tập trung vào tháng 11 (đạt 114.681.000 tấn). Như vậy việc giữ rừng và phủ xanh đồi trọc đã góp phần làm giảm lượng bồi lắng trong lưu vực một cách đáng kể.



Hình 4.13. So sánh lượng bồi lắng giữa kịch bản giữ nguyên diện tích rừng phủ xanh đồi trọc và kịch bản theo quy hoạch giai đoạn 2015 – 2020



Hình 4.14. So sánh lượng bồi lắng giữa giai đoạn 2005 - 2010 và giai đoạn 2015 - 2020 theo kịch bản giữ nguyên diện tích rừng kết hợp phủ xanh đồi trọc

4.4.2 Cân bằng lợi ích kinh tế và môi trường

Phát triển kinh tế là một mục tiêu sống còn trong phát triển đất nước. Tuy nhiên phát triển kinh tế phải đi đôi với bảo vệ môi trường thì mới bền vững được. Nếu phát triển kinh tế không đi đôi với bảo vệ môi trường thì sẽ gây ra các hệ quả nghiêm trọng mà điển hình là xói mòn và bồi lắng. Tiềm năng phát triển thủy điện cũng như công

ng nghiệp và thông thương của lưu vực là cực kỳ lớn để phát triển kinh tế. Tuy nhiên điều này cũng góp phần làm giảm lớp thực phủ cũng như suy giảm tính chất lớp thổ nhưỡng bề mặt. Điều này đòi hỏi các cơ quan chức năng có định hướng quy hoạch phát triển kinh tế và bảo vệ môi trường một cách rõ ràng.

4.4.3 Quá trình đô thị hóa

Đô thị hóa được biết là có ảnh hưởng đến quan hệ lượng mưa – dòng chảy, những yếu tố quyết định đến quá trình xói mòn – bồi lắng. Tuy nhiên trong nhiều mô hình trước đây người ta ít tính đến yếu tố này với lý do là đô thị thường chiếm diện tích nhỏ trong lưu vực. Tuy nhiên không vì thế mà chúng ta được quyền xem nhẹ vấn đề này. Diễn hình như trong đề tài đã tính đến thay đổi sử dụng đất trong đó có quá trình đô thị hóa đã làm cho lượng bồi lắng tăng một cách chóng mặt. Đây là bài toán nan giải đòi hỏi chính quyền cần xây dựng các khu dân cư đô thị tránh xa các nhánh sông chính cũng như các cánh rừng nguyên sinh để đảm bảo giảm tác động và áp lực của đô thị hóa lên môi trường.

4.4.4 Một số biện pháp hạn chế xói mòn bồi lắng khác

Mỗi lưu vực có một điều kiện tự nhiên và xã hội khác nhau, từ đó dẫn đến mỗi biện pháp có ảnh hưởng khác nhau đến lưu vực. Một số biện pháp có thể áp dụng để hạn chế xói mòn trong khu vực nghiên cứu là:

- Xây dựng các ruộng bậc thang, canh tác theo các đường đồng mức, đào mương, đắp đập. Biện pháp này giúp dẫn dòng, ngăn dòng và giảm tốc độ dòng chảy trên địa hình lưu vực.
- Xây dựng các hồ chứa phụ cũng như hệ thống thủy lợi để góp phần tích nước nhằm làm giảm áp lực dòng chảy do việc xây dựng các đập thủy điện thủy lợi mang lại.
- Cải tạo và làm mới các diện tích đất bị xói mòn bằng các biện pháp như: bón vôi, bón phân, trồng các loại cây để tạo thảm phủ,...
- Phủ xanh các diện tích đất trống hoặc bị bỏ hoang.
- Hướng dẫn người dân canh tác theo hướng bảo tồn đất.

4.5 Mối liên hệ giữa thay đổi sử dụng đất đến lượng bồi lắng

Từ các kết quả trên, chúng ta thấy được mức độ ảnh hưởng của việc thay đổi sử dụng đất đến hiện trạng xói mòn bồi lắng trong lưu vực. Khi ta giảm diện tích đất rừng và tăng các loại hình sử dụng đất khác thì lượng bồi lắng tăng một cách chóng mặt. Đó là do mỗi loại hình sử dụng đất khác nhau có khả năng giữ đất và hạn chế xói mòn bồi lắng khác nhau. Ví dụ như sự thay đổi diện tích rừng trong kịch bản quy hoạch sử dụng đất năm 2020 đã làm thay đổi lượng bồi lắng trong khu vực như bảng 4.1 bên dưới:

Bảng 4.3 Diện tích rừng và lượng bồi lắng theo các kịch bản quy hoạch sử dụng đất khác nhau năm 2020 trên địa bàn lưu vực sông Đắk Bla tỉnh Kon Tum.

Kịch bản quy hoạch SDD năm 2020	Diện tích rừng (ha)	Lượng bồi lắng (tấn)
Kịch bản gốc	73.375	509.959.470
Kịch bản giữ rừng	93.030	446.903.956
Kịch bản giữ rừng kết hợp phủ xanh đất trống đồi trọc	111.913	426.474.

CHƯƠNG 5. KẾT LUẬN VÀ KIẾN NGHỊ

5.1 Kết luận

Xói mòn và bồi lắng là một quá trình tự nhiên chịu ảnh hưởng từ các yếu tố: mưa, thổ nhưỡng, địa hình, che phủ bề mặt và yếu tố con người. Quá trình quy hoạch sử dụng đất thông qua việc thay đổi lớp che phủ bề mặt và tác động bằng yếu tố con người đã tác động mạnh mẽ đến quá trình xói mòn và bồi lắng trong địa bàn lưu vực gây ảnh hưởng nghiêm trọng đối với tự nhiên và đời sống xã hội trong tương lai. Trên cơ sở quá trình thực hiện và kết quả, đề tài rút ra một số kết luận sau:

- Thông qua việc sử dụng mô hình SWAT và ứng dụng GIS, đề tài đã tính toán được lượng bồi lắng xói mòn trên địa bàn lưu vực trong 2 gian đoạn: 2001 – 2010 và 2013 – 2020.
- Lưu vực Đak Bla với lượng xói mòn bình quân là 2.516,47 tấn/ha/năm trong giai đoạn 2005 – 2010 đã tăng lên 68.008,07 tấn/ha/năm ở giai đoạn 2015 – 2020.
- Đề xuất một số giải pháp trong việc quy hoạch sử dụng đất cũng như đưa ra một số biện pháp nhằm hạn chế bồi lắng xói mòn trong tương lai trong lưu vực như: tăng diện tích rừng theo quy hoạch lên thêm 204.582,43 km², giữ nguyên diện tích rừng đầu nguồn, phủ xanh các vùng đất trống và diện tích đất bị bỏ hoang với diện tích 18.883 ha, tuyên truyền việc bảo vệ rừng và hướng dẫn người dân cách canh tác theo hướng bảo tồn đất...

5.2 Kiến nghị

Dựa vào kết quả đạt được, đề tài có một số kiến nghị như sau:

- Xói mòn bồi lắng là một quá trình lâu dài, chịu ảnh hưởng của nhiều yếu tố. Do đó cần phải có sự theo dõi và cập nhật số liệu thường xuyên để có thể đánh giá một cách chính xác hơn.

- Từ kết quả nghiên cứu có thể thấy được tầm ảnh hưởng của việc quy hoạch sử dụng đất đến quá trình xói mòn và bồi lắng trên lưu vực. Do vậy cần có định hướng quy hoạch sử dụng đất rõ ràng và hiệu quả trên cơ sở bảo vệ lớp thảm phủ thực vật và các cánh rừng đầu nguồn cũng như việc quy hoạch phát triển kinh tế và đô thị hóa một cách hợp lý.
- Khi nghiên cứu xói mòn và bồi lắng theo phương pháp sử dụng mô hình nên đánh giá theo quy mô lưu vực thì sẽ chính xác hơn nhờ sự đồng nhất về mặt địa hình cũng như các yếu tố tự nhiên khác.
- Tiếp tục nghiên cứu xói mòn và bồi lắng dựa trên ứng dụng công nghệ GIS và mô hình SWAT sử dụng các dữ liệu có độ tin cậy cao hơn.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt:

- [1] Nguyễn Kim Lợi, Trần Thống Nhất, 2007. *Hệ thống thông tin địa lý-Phần mềm Arcview 3.3*. Nhà xuất bản Nông nghiệp, Hồ Chí Minh, 237 trang.
- [2] Nguyễn Kim Lợi, Lê Cảnh Định và Trần Thống Nhất, 2009. *Hệ thống thông tin địa lý nâng cao*. NXB Nông nghiệp, Hồ Chí Minh, 226 trang.
- [3] Lê Hoàng Tú, 2011. *Ứng dụng GIS trong đánh giá mức độ xói mòn đất tại lưu vực sông Đa Tam tỉnh Lâm Đồng*. Khóa luận tốt nghiệp cử nhân ngành Hệ thống thông tin địa lý. Trường Đại học Nông Lâm thành phố Hồ Chí Minh.
- [4] Nguyễn Quang Mỹ, 1995. *Ảnh hưởng của yếu tố địa hình đến xói mòn đất ở Việt Nam*. Tạp chí khoa học ĐHQG Hà Nội tập XI, no1, tr55-59.
- [5] Nguyễn Văn Trí, 2012. *Đồ án nghiên cứu hệ thống kích từ unitrol 6800 nhà máy thủy điện Yaly*.
- [6] Trần Lê Minh Châu và Nguyễn Quang Tuấn, 2011. *Ứng dụng mô hình SWAT để quản lý xói mòn đất theo tiểu lưu vực sông ở xã Dương Hòa, thị xã Hương Thủy, tỉnh Thừa Thiên Huế*. Hội thảo ứng dụng GIS toàn quốc 2011.
- [7] Trần Trọng Đức, 2002. *GIS căn bản*. Nhà xuất bản Đại học Quốc Gia.
- [8] Ngọc Lý, 2010. *Biến đổi khí hậu và việc sử dụng bền vững tài nguyên đất: Cảnh báo về khủng hoảng đất trồng*. Bộ Tài Nguyên và Môi Trường, truy cập ngày 23 tháng 03 năm 2014. <<http://www.monre.gov.vn/v35/default.aspx?tabid=428&cateID=24&id=83951&code=H5CSF83951>>.
- [9] Nguyễn Trường Ngân, 2008. *Đánh giá biến động thích nghi đất nông nghiệp dưới tác động của hệ thống hồ đập thủy điện, thủy lợi lưu vực Sông Bé*. Luận văn thạc sĩ ngành Khoa học Môi trường trường đại học Khoa học tự nhiên TP.HCM.
- [10] Cục thống kê Kon Tum – Niên giám thống kê tỉnh Kon Tum – 2010.
- [11] Nguyễn Duy Liêm, 2013. *Bài giảng chuyên đề SWAT*. Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh.

- [12] Nguyễn Siêu Nhân và cộng sự, 2009. *Biên hội sơ đồ địa mạo vùng đất ngập nước tỉnh Lâm Đồng tỉ lệ 1/50.000*. Viện Địa Lý Tài Nguyên Tp. Hồ Chí Minh, trang 19 - 31.
- [13] Nguyễn Kim Lợi, 2005. *Bài giảng kiểm soát xói mòn*. Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh.
- [14] Nguyễn Kim Lợi, Nguyễn Duy Liêm và Lê Hoàng Tú. 2012. *Tài liệu hướng dẫn sử dụng SWAT phiên bản 2013*.
- [15] Trần Văn Chính và cộng sự, 2006. *Giáo Trình thổ nhưỡng học*. Nhà xuất bản Nông Nghiệp, Hà Nội, 364 trang.
- [16] Nguyễn Tử Xiêm và Thái Phiên, 1999. *Đất đồi núi Việt Nam thoái hóa và phục hồi*. Nhà xuất bản Nông Nghiệp, Hà Nội, trang 74 - 126.
- [17] Hoàng Tiến Hà, 2009. *Ứng dụng công nghệ hệ thống thông tin địa lý để dự báo xói mòn đất huyện Sơn Động – tỉnh Bắc Giang*. Luận văn thạc sỹ ngành Lâm học trường Đại học Nông Lâm, Đại học Thái Nguyên.
- [18] Nguyễn Quang Mỹ (2005), *Xói mòn đất hiện đại và các biện pháp chống xói mòn*. Nhà xuất bản Đại học Quốc gia Hà Nội.
- [19] Lưu Hải Tùng, 2007. *Hiện trạng xói mòn và sự mất P do xói mòn gây ra ảnh hưởng đến môi trường tại lưu vực suối Rạt tỉnh Bình Phước*. Luận văn cao học. Trường Đại học KHXH&NV Tp. Hồ Chí Minh, 120 trang.
- [20] Đỗ Xuân Hồng, 2013. *Ứng dụng mô hình SWAT đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến lưu vực sông Đắk B'la, tỉnh Kon Tum*. Luận văn cao học. Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh, 219 trang.
- [21] ThS. Nguyễn Bách Thắng, Hà Nội 2005. Báo cáo kết quả Quan trắc Quốc gia động thái nước dưới đất vùng Tây Nguyên, giai đoạn 2001-2005.
- [22] ThS. Nguyễn Bách Thắng, Kon Tum 2010. *Báo cáo điều tra, đánh giá hiện trạng xả thải và khả năng tiếp nhận nước thải của nguồn nước Lưu vực sông Pô Cô tỉnh Kon Tum*.
- [23] Nguyễn Trường Ngân, 2012. *Bài giảng khái quát về xói mòn đất*. Trường Đại học Khoa học tự nhiên Tp. Hồ Chí Minh.

[24] Nguyễn Duy Liêm, 2013. *Ứng dụng SWAT đánh giá ảnh hưởng của thay đổi sử dụng đất đến lưu lượng dòng chảy tại lưu vực sông Đak Bla tỉnh Kon Tum.*

Tiếng Anh:

[25] Dueker, K.J, 1987. Geographical information systems and computer aided mapping. *Journal of the American Planning Association*, volume 53, pp. 383 –399.

[26] Jacky Mania, 2007. *Soil erosion modeling in mountainous Semi Arid Zone*. pp.13-15.

[27] A. F. Bouwman, 1985. *Assessment of the Resistance of Land to Erosion for Land Evaluation*. France, pp. 3 - 5.

[28] Susan L. Neitsch et al, 2009. *Overview of Soil and Water Assessment Tool (SWAT) Model*. In: Arnold, J et al., eds. 2009. *Soil and Water Assessment Tool (SWAT): Global Applications*. Special Publication No. 4., World Association of Soil and Water Conservation, Bangkok: Funny Publishing, pp.3-23.

[29] S.L. Neitsch et al., 2005. *Soil and Water Assessment Tool theoretical documentation version 2005*. Available at: <<http://swatmodel.tamu.edu/media/1292/SWAT2005theory.pdf>>. [Accessed 9 Jun 2011].

[30] Philip W. Gassman et al., 2009. *The Soil and Water Assessment Tool: Historical Development, Applications, and Future Research Directions*. In: Arnold, J et al., eds. 2009. *Soil and Water Assessment Tool (SWAT): Global Applications*. Special Publication No.4., World Association of Soil and Water Conservation, Bangkok: Funny Publishing, pp.25-93.

[31] Arnold, J. G and J.R. Williams, 1987. *Validation of SWRRB: Simulation for water resources in rural basins*. J. Water Resour. Plan. Manage. ASCE 113 (2): 243-256.

[32] Arnold, J. G et al., 1995. Continuous-time water and sediment-routing model for large basins. J. Hydrol. Eng. ASCE 121 (2): 171-183.

[33] FAO, 1995. *The digital soil map of the world and derived soil properties*. CD-ROM Version 3.5, Rome.

[34] Smith, N. 1987. *Academic War Over the Field of Geography: The*

Elimination of Geography at Harvard, 1947-51. Annals of the Association of American Geographers 77:155-172.

[35] Nash, J. E. and J.V. Suttcliffe, 1970. *River flow forecasting through conceptual models*, Part 1. A discussion of principles. *Journal of Hydrology* 10 (3): 282-290.

[36] S.L. Neitsch, J.G. Arnold, J.R. Kiniry, J.R. Williams (2011). *Soil And Water Assessment Tool Theoretical Documentation Version 2009*. Texas Water Resources Institute Technical Report No. 406 Texas A&M University System College Station, Texas 77843-2118.

[37] Vincent de Paul Obade, Rattan Lal, Jiquan Chen (1990). *Remote Sensing of Soil and Water Quality in Agroecosystems*.

[38] Bengt Carlsson (1998). *An introduction to sedimentation theory in wastewater treatment*. System and Control Group Uppsala University.

[39] D.E.Walling and B.W.Webb (1996). *Erosion and sediment yield: a global overview*. Department of Geography, University of Exeter, Exeter EX44RJ, UK.

[40] R.P.C. Morgan, *Soil Erosion and Conservation*, Longman (2005).

[41] Carl B. Brown, J. B. Stall, E. E. Deturk (1947). *The causes and effects of sedimentation in lake Decatur*. State Water Survey Division.

[42] Helena Mitsova and Lubos Mitas (2001). *Multiscale soil erosion simulations for land use management*.

[43] J.E. Hunink et al, 2013. *Targeting of intervention areas to reduce reservoir sedimentation in the Tana catchment (Kenya) using SWAT*.