

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



ĐỒ ÁN TỐT NGHIỆP
ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SWAT ĐÁNH
GIÁ DIỄN BIẾN LƯU LƯỢNG DÒNG
CHẢY TẠI LƯU VỰC SÔNG BÉ

Họ và tên sinh viên: NGUYỄN QUỐC HẢI AN

Ngành: Hệ Thống Thông Tin Địa Lý

MSSV:12162077

Lớp : DH12GI

TP. Hồ Chí Minh, 06/2016

**ỨNG DỤNG MÔ HÌNH SWAT ĐÁNH GIÁ DIỄN BIẾN
LƯU LƯỢNG DÒNG CHẢY TẠI
LƯU VỰC SÔNG BÉ**

Tác giả
NGUYỄN QUỐC HẢI AN

Giáo viên hướng dẫn
Th.S Nguyễn Vũ Huy

Tp. Hồ Chí Minh, Tháng 06 năm 2016

LỜI CẢM ƠN

Trong cuộc đời của mỗi con người, ai nấy đều trải qua những kí ức của một thời sinh viên, cái thời mà có lẽ đẹp nhất trong cuộc đời. Với tôi những trải nghiệm trong suốt 4 năm học đại học vừa qua là hành trang tuyệt vời để tôi có thể vững bước trên con đường sự nghiệp sau này. Quãng thời gian 4 năm vừa rồi không dài mà cũng không ngắn nhưng nó khiến tôi thấy mình trưởng thành hơn trong suy nghĩ và hành động. Từ kiến thức chuyên môn đến đạo đức làm người tôi đều được các Thầy cô/anh chị cũng như các bạn cùng lớp dạy bảo và góp ý tận tình. Dù có những khó khăn thử thách hay đôi lúc cảm thấy chán nản thì tôi vẫn có Thầy cô, bạn bè bên cạnh. Tôi rất tâm đắc câu nói “Một chữ cũng là Thầy, nửa chữ cũng là Thầy”, người Thầy không những truyền đạt kiến thức chuyên môn mà còn là người khơi niềm đam mê, yêu thích ngành GIS trong tôi. Vì thế để đạt được kiến thức như ngày hôm nay, tôi xin chân thành cảm ơn :

Thầy PGS.TS Nguyễn Kim Lợi. Trưởng bộ môn GIS và Tài Nguyên và cô Th.S Nguyễn Thị Huyền cô vẫn học tập của lớp DH12GI đã tận tình dạy bảo tôi trong suốt 4 năm qua. Có thể nói cả Thầy và cô đều mang đến những phương pháp giảng dạy khác nhau, điều đó làm tôi có nhiều hướng tiếp cận với ngành khác nhau. Tôi vẫn nhớ như in câu nói của Cô hồi năm 1 dành cho tôi “ Thời buổi kinh tế khó khăn này thì chẳng biết ngành nào sẽ xin được việc nhưng chỉ cần em có lòng đam mê và chuyên môn tốt thì sẽ không sợ thất nghiệp” câu nói ấy như khiến tôi có thêm động lực để học tập. Ngoài ra tôi cũng xin gửi lời đến tập thể các anh chị trong Trung tâm Nghiên Cứu Biến Đổi Khí Hậu – Trường Đại Học Nông Lâm TP.HCM đã giúp đỡ cho tôi trong suốt 4 năm học. Đặc biệt là anh KS.Lê Hoàng Tú, mặc dù khoảng cách địa lý xa xôi nhưng anh vẫn nhiệt tình giúp đỡ tôi trong giai đoạn học và làm đồ án tốt nghiệp.

Tôi xin cảm ơn Phòng Quy Hoạch Đông Nam Bộ và Phụ cận và Viện Quy Hoạch Thủy Lợi Miền Nam đã giúp đỡ tôi hết lòng trong quá trình thực tập. Với những kiến thức thực tế mà tôi có được, đặc biệt là có sự chỉ dẫn của anh Th.S Nguyễn Vũ Huy và KS. Nguyễn Duy Hùng đã giúp tôi hoàn thành bài đồ án tốt nghiệp đúng thời hạn và đạt

được nhiều kết quả mong muốn. Quãng thời gian 3 tháng thực tập tại Viện tôi đã đúc kết được nhiều bài học quý giá từ kinh nghiệm thực tế của tập thể các anh chị truyền đạt lại. Với kiến thức ấy tôi càng có thêm tự tin khi bước vào công việc sau này.

Tôi cũng không quên gửi lời cảm ơn đến tập thể DH12GI, đã có lúc khó khăn, bất đồng quan điểm nhưng những gì mà chúng ta đã làm và thể hiện trong suốt thời gian qua cũng đã chứng minh được câu nói “ Đoàn kết đoàn kết đại đoàn kết, thành công thành công đại thành công” . Hy vọng tập thể lớp mình sẽ có những kỷ niệm đẹp thời sinh viên và tinh thần đoàn kết sẽ theo chúng ta mãi mãi.

Cuối cùng, lời cảm ơn mà tôi muốn dành tặng đó chính là Đấng Sinh Thành của mình. Con xin cảm ơn cha mẹ, chính cha và mẹ đã tạo nên một chàng Sinh Viên trưởng thành như ngày hôm nay. Con biết cha mẹ đã phải vất vả, không quản khó khăn, nặng nhọc để con có thể học tập và vui chơi như bạn bè. Đã có những lúc nước mắt của cha mẹ rơi hay những lúc không ngủ được vì một ngày làm việc mệt mỏi. Con rất thương cha mẹ và chỉ biết nói rằng “ Con cảm ơn rất nhiều, cảm ơn vì những sự hy sinh của cha mẹ dành cho con, cuộc sống không biết trước được điều gì nhưng con nguyện sẽ cố gắng hết sức mình để một ngày nào đó cha mẹ có thể nở nụ cười tự hào về con”.

Sinh viên thực hiện

Nguyễn Quốc Hải An

Bộ môn Tài nguyên và GIS

Khoa Môi trường và Tài nguyên

Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh

MỤC LỤC

LỜI CẢM ƠN	ii
TÓM TẮT	x
CHƯƠNG 1. MỞ ĐẦU	1
1.1 Tính cấp thiết của đề tài.	1
1.2 Mục tiêu nghiên cứu	2
1.2.1 Mục tiêu chung	2
1.2.2 Mục tiêu cụ thể.	3
1.3 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.....	3
1.3.1 Đối tượng nghiên cứu.	3
1.3.2 Phạm vi nghiên cứu.	3
1.4 Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài.	3
1.4.1 Ý nghĩa khoa học.	3
1.4.2 Ý nghĩa thực tiễn.....	3
CHƯƠNG 2. TỔNG QUAN CƠ SỞ LÝ THUYẾT	4
2.1 Giới thiệu về lưu lượng dòng chảy	4
2.1.1 Khái niệm lưu lượng dòng chảy.....	4
2.1.2 Tổng lượng dòng chảy.	4
2.1.3 Độ sâu dòng chảy.....	4
2.1.4 Mô đun dòng chảy.	5
2.1.5 Hệ số dòng chảy.....	5
2.2 Hệ thống thông tin địa lý (GIS)	5
2.2.1 Sơ lược về hệ thống thông tin địa lý (GIS)	5

2.2.2 Định nghĩa hệ thống thông tin địa lý (GIS).....	7
2.2.3 Thành phần GIS	7
2.2.4 Chức năng GIS	9
2.3 Mô hình đánh giá đất và nước (SWAT).....	10
2.3.1 Tổng quan mô hình SWAT.....	10
2.3.2 Nguyên lý mô phỏng mô hình SWAT.	11
2.3.3 Nguyên lý mô phỏng dòng chảy.	15
2.4 Tình hình nghiên cứu trên thế giới và tại Việt Nam.....	15
2.4.1 Tình hình nghiên cứu trên thế giới.....	15
2.4.2 Tình hình nghiên cứu tại Việt Nam.....	17
CHƯƠNG 3. ĐẶC ĐIỂM KHU VỰC NGHIÊN CỨU	19
3.1 Vị trí địa lý khu vực nghiên cứu	19
3.2 Điều kiện tự nhiên khu vực nghiên cứu	20
3.2.1 Địa hình.	20
3.2.2 Sông ngòi.....	21
3.2.3 Khí hậu	23
3.2.4 Thủy văn.....	26
3.3 Hiện trạng phát triển kinh tế - xã hội khu vực nghiên cứu	27
3.3.1 Tình hình phát triển xã hội.....	27
3.3.2 Tình hình phát triển kinh tế.....	27
3.4 Tình hình quy hoạch thủy lợi trên lưu vực	29
CHƯƠNG 4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU.....	30
4.1 Tiến trình thực hiện	30
4.2 Thu thập, xử lý dữ liệu.	31

4.2.1 Cấu trúc tổng quát của tập tin dữ liệu đầu vào và đầu ra của SWAT	31
4.2.2 Cấu trúc dữ liệu đầu vào	33
4.2.3 Thu thập dữ liệu lưu lượng dòng chảy thực đo.	41
4.2.4 Xử lý dữ liệu đầu vào theo định dạng của SWAT.....	43
4.3 Tiến trình chạy mô hình SWAT	49
4.3.1 Phân chia lưu vực	49
4.3.2 Phân tích đơn vị thủy văn	51
4.3.3 Nhập dữ liệu thời tiết	54
4.3.4 Chạy mô hình SWAT	55
4.3.4 Đánh giá mô hình.....	56
CHƯƠNG 5. KẾT QUẢ VÀ NHẬN XÉT	57
5.1 Đánh giá độ chính xác của kết quả mô phỏng LLDC (1980-1994).....	57
5.2 Đánh giá diễn biến lưu lượng dòng chảy.	59
CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT	61
6.1 Kết luận	61
6.2 Đề xuất	61
TÀI LIỆU THAM KHẢO	62

DANH MỤC CÁC BẢNG

Bảng 2.2 Lịch sử phát triển ngành GIS.....	6
Bảng 3.1 Độ ẩm trung bình tháng tại một số địa điểm.....	24
Bảng 3.2 Lượng bốc hơi trung bình tháng tại một số địa điểm (mm)	25
Bảng 3.3 Tốc độ gió trung bình tháng tại một số địa điểm (m/s)	25
Bảng 3.4 Dân số phân theo đơn vị hành chính trên lưu vực sông Bé (năm 2009)	27
Bảng 4.1 Cấu trúc tổng quát của tập tin dữ liệu đầu vào của SWAT	31
Bảng 4.2 Cấu trúc tổng quát của tập tin dữ liệu đầu ra của SWAT.....	33
Bảng 4.3 Ý nghĩa các thông số trong bảng CropRng.....	34
Bảng 4.4 Ý nghĩa các thông số trong bảng UrbanRng.....	36
Bảng 4.5 Thông số đầu vào của dữ liệu thổ nhưỡng trong SWAT	37
Bảng 4.6 Các thông số đầu vào của dữ liệu thời tiết tổng quát	40
Bảng 4.7 Các trạm quan trắc thủy văn trên lưu vực sông Bé	41
Bảng 4.8 Các loại hình sử dụng đất năm 2000 trên lưu vực sông Bé.....	45
Bảng 4.9 Các loại đất năm 2000 trên lưu vực sông Bé	47
Bảng 4.10 Đặc điểm địa lý và yếu tố đo đạc của các trạm quan trắc khí tượng.	48
Bảng 5.1 Tổng hợp so sánh lưu lượng dòng chảy tháng 2 trạm Phước Long, Phước Hòa	57

DANH MỤC CÁC HÌNH

Hình 2.2 Các thành phần của GIS.....	9
Hình 2.3 Sơ đồ chu trình thủy văn trong pha đất (phỏng theo Susan L. neitsch <i>et al.</i> , 2009).....	11
Hình 2.4 Các quá trình trong dòng chảy được mô phỏng bởi SWAT (phỏng theo Susan L. neitsch <i>et al.</i> , 2009)	13
Hình 2.6 Mô phỏng dòng chảy mặt	15
Hình 3.1 Sơ đồ vị trí lưu vực Sông Bé.....	19
Hình 3.3 Bản đồ địa hình lưu vực Sông Bé	21
Hình 3.4 Bản đồ mạng lưới sông ngòi lưu vực Sông Bé.....	23
Hình 4.1 Sơ đồ tiến trình thực hiện nghiên cứu	30
Hình 4.2 Bản đồ vị trí các trạm quan trắc LLDC tại lưu vực sông Bé	42
Hình 4.3 Bản đồ địa hình lưu vực sông Bé	43
Hình 4.4 Bản đồ các loại hình sử dụng đất năm 2000 lưu vực sông Bé.....	44
Hình 4.5 Bản đồ các loại đất năm 2000 lưu vực sông Bé	46
Hình 4.6 Bản đồ vị trí các trạm quan trắc khí tượng.....	49
Hình 4.7 Bản đồ phân chia lưu vực sông Bé.....	50
Hình 4.8 Bản đồ kết quả phân chia các loại hình sử dụng đất trong SWAT	51
Hình 4.9 Bản đồ kết quả phân chia mã loại đất trong SWAT	52
Hình 4.10 Bản đồ kết quả phân chia độ dốc trong SWAT	53
Hình 4.11 Bản đồ kết quả gán trạm quan trắc khí tượng lưu vực sông Bé.....	55
Hình 5.2 Phân bố lưu lượng dòng chảy mô phỏng và thực đo tại Phước Long.....	58
Hình 5.3 Phân bố lưu lượng dòng chảy mô phỏng và thực đo tại Phước Hòa	58

Hình 5.4 Đồ thị so sánh giá trị LLDC mô phỏng và thực đo tại Phước Hòa.....	59
Hình 5.5 Đồ thị so sánh giá trị LLDC mô phỏng và thực đo tại Phước Long	59

TÓM TẮT

Tiểu luận tốt nghiệp “ Ứng dụng mô hình SWAT đánh giá diễn biến lưu lượng dòng chảy tại lưu vực Sông Bé ” được thực hiện trong khoảng thời gian từ 10/3/2016 đến 10/5/2016. Phương pháp tiếp cận đề tài là sử dụng mô hình SWAT của trung tâm phục vụ nghiên cứu nông nghiệp thuộc Bộ Nông Nghiệp Hoa Kỳ được tích hợp với công nghệ GIS để đánh giá lưu lượng dòng chảy mặt tại lưu vực sông Bé. Theo đó :

Công nghệ GIS sử dụng phần mềm Arcmap 10.2.2 để xử lý, biên tập dữ liệu, thành lập bản đồ làm cơ sở tiền đề cho các bước chạy mô hình SWAT. Dữ liệu cần thiết để phục vụ nghiên cứu trong mô hình SWAT được thu thập từ nhiều nguồn dữ liệu khác nhau. Dữ liệu DEM được lấy từ dữ liệu ASTER GDEM của METI/NASA, với độ phân giải không gian 30 m, sử dụng để phân chia lưu vực. Bản đồ sử dụng đất và bản đồ thổ nhưỡng năm 2000 được cung cấp bởi Phòng Quy Hoạch Vùng Đông Nam Bộ và Phụ cận thuộc Viện Quy Hoạch Thủy Lợi Miền Nam sau khi biên tập được sử dụng để phân tích đơn vị thủy văn. Dữ liệu thời tiết tại 2 trạm (Đồng Phú, Phước Long) bao gồm dữ liệu lượng mưa, nhiệt độ không khí, độ ẩm không khí, tốc độ gió, bức xạ Mặt Trời được cung cấp bởi Phòng Quy Hoạch Vùng Đông Nam Bộ và Phụ cận và Dự án Quan trắc Lượng Mưa Toàn cầu thuộc Chương trình Nghiên cứu Khí hậu Toàn cầu. Dữ liệu thủy văn bao gồm 8 trạm (Bù Đăng, Bù Đốp, Bù Nho, Chơn Thành, Đồng Phú, Lộc Ninh, Phước Hòa, Phước Long) do Phòng Quy Hoạch Vùng Đông Nam Bộ và Phụ cận cung cấp. Trước khi chạy mô hình SWAT, tất cả các số liệu được biên tập đúng với định dạng của SWAT.

Nghiên cứu đã mô phỏng diễn biến lưu lượng dòng chảy trên lưu vực thời kì 1980 – 1994 trong SWAT với kết quả thu được khá tốt khi đối chiếu với số liệu thực đo trong cùng giai đoạn tại 2 vị trí quan trắc là Phước Long và Phước Hòa trên lưu vực sông Bé, thể hiện qua hệ số xác định (R^2), chỉ số hiệu quả Nash – Sutcliffe Efficiency (NSI).

Trong đó tại vị trí trạm quan trắc Phước Long cho kết quả rất tốt với chỉ số R^2 là 0.786 còn với trạm Phước Hòa thì kết quả 0.847. Các chỉ số NSI cũng phản ánh được quá trình mô phỏng khá tốt 0.771 tại Phước Long và 0.738 tại Phước Hòa.

Đề tài đã một lần nữa khẳng định tính ưu việt trong việc sử dụng mô hình SWAT để đánh giá lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông Bé, là phương pháp tiếp cận có độ chính xác khá tốt đem lại hiệu quả cao. Việc đánh giá lưu lượng dòng chảy sẽ giúp cho các nhà quản lý có cái nhìn cụ thể và chi tiết hơn về tình hình tài nguyên nước trên lưu vực. Qua đó đưa ra những giải pháp hạn chế và quy hoạch sử dụng nguồn nước hiệu quả, đem lại phúc lợi cho xã hội, phát triển kinh tế cho vùng và đất nước.

CHƯƠNG 1. MỞ ĐẦU

1.1 Tính cấp thiết của đề tài.

Năm 2016, Thế giới nói chung và Việt Nam nói riêng đang chịu ảnh hưởng nặng nề từ việc biến đổi khí hậu. Trong thông điệp phát đi nhân ngày khí tượng thế giới (21/3) của Tổng thư ký tổ chức khí tượng thế giới Petteri Taalas nhấn mạnh rằng “ Biến đổi khí hậu toàn cầu đang ảnh hưởng đến môi trường tự nhiên và môi trường sống của con người, phát thải khí nhà kính ngày một tăng lên, nhiệt độ bề mặt trái đất và đại dương cũng tăng dần trên phạm vi toàn cầu ” . Việc khí hậu bị biến đổi đã dẫn đến tình hình kinh tế - xã hội của các quốc gia, đặc biệt là Việt Nam bị tổn thất nghiêm trọng. Theo thống kê của Bộ Tài Nguyên và Môi Trường Việt Nam cho thấy : thiên tai đang ngày càng gia tăng cả về quy mô cũng như chu kỳ lặp lại, từ đó làm mất đi nhiều thành quả của quá trình phát triển kinh tế-xã hội của cả nước. Trong giai đoạn 2002-2010, thiệt hại do thiên tai gây ra trên phạm vi cả nước thấp nhất là 0,14% GDP (năm 2004) và cao nhất là 2% GDP (năm 2006). Tính bình quân trong 15 năm qua, thiên tai đã gây tổn hại khoảng 1,5% GDP hàng năm. Theo các kịch bản biến đổi khí hậu của Bộ Tài nguyên và Môi trường (năm 2012), đến cuối thế kỷ 21, sự gia tăng 1 m của mực nước biển có thể gây ảnh hưởng trực tiếp đến đời sống và sinh kế của khoảng 20% dân số và tổn thất có thể lên tới 10% GDP mỗi năm.

Báo cáo kết quả nghiên cứu về tính dễ bị tổn thương do biến đổi khí hậu của tổ chức DARA International (năm 2012) chỉ ra rằng, biến đổi có thể làm Việt Nam thiệt hại khoảng 15 tỉ USD mỗi năm, tương đương khoảng 5% GDP. Nếu Việt Nam không có giải pháp ứng phó kịp thời, thiệt hại do biến đổi khí hậu ước tính có thể lên đến 11% GDP vào năm 2030. Nghiên cứu của Viện Nghiên cứu Quản lý Trung ương phối hợp với Viện Nghiên cứu phát triển Thế giới và Đại học Copenhagen (năm 2012) cho biết, nếu kinh tế Việt Nam tiếp tục tăng trưởng với tốc độ 5,4%/năm trong giai đoạn 2007-2050 thì tốc độ tăng trưởng bị tác động bởi biến đổi khí hậu (cụ thể là bão) có thể ở mức

5,32% đến 5,39%. Ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đang tác động đến một số tài nguyên thiên nhiên ở nước ta như : hằng trăm hecta rừng bị cháy do nhiệt độ tăng lên, xâm ngập mặn đã lấn sâu vào trong đất liền gây khó khăn cho việc sản xuất nông nghiệp, đặc biệt nguồn nước đang bị thiếu hụt trầm trọng dẫn đến sự cân bằng nước trên lưu vực bị thay đổi, khả năng cung cấp, điều phối sử dụng nguồn nước bị ảnh hưởng.

Lưu vực sông Bé là một phụ lưu của lưu vực sông Đồng Nai chảy qua địa phận các tỉnh Đắc Nông, Bình Phước, Bình Dương, Đồng Nai và 1 phần Campuchia. Vai trò cung cấp nguồn nước của lưu vực Sông Bé cho các hoạt động sản xuất và sinh hoạt của người dân rất quan trọng. Nhưng hiện nay do tác động của biến đổi khí hậu, xả thải của các xí nghiệp nhà máy, ý thức sinh hoạt của người dân còn kém nên đã ảnh hưởng nguồn nước trên lưu vực. Do đó đánh giá lưu lượng dòng chảy trên lưu vực là một vấn đề cấp thiết, sẽ hỗ trợ các nhà hoạch định, cấp chính quyền trong việc bảo vệ và duy trì tài nguyên nước trên lưu vực. Trên thế giới có rất nhiều phương pháp dùng để đánh giá lưu lượng dòng chảy trên lưu vực trong đó ứng dụng khoa học công nghệ bằng cách sử dụng mô hình để đánh giá lưu lượng dòng chảy đang được ưu tiên hàng đầu.

Mô hình SWAT (Soil and Water Assessment Tool) là một mô hình thủy văn đang được ứng dụng rất rộng rãi. Nhiệm vụ chính của mô hình là mô hình mô phỏng tài nguyên nước lưu vực sông. Một trong những mô đun chính yếu của mô hình này là mô phỏng dòng chảy từ mưa và các đặc trưng vật lý trên lưu vực.

Xuất phát từ những lý do trên mà đề tài “ Ứng dụng mô hình SWAT đánh giá diễn biến lưu lượng dòng chảy tại lưu vực sông Bé ” đã được thực hiện.

1.2 Mục tiêu nghiên cứu

1.2.1 Mục tiêu chung

Mục tiêu chung của đề tài là “ Ứng dụng mô hình SWAT đánh giá lưu lượng dòng chảy tại lưu vực sông Bé ” với công cụ và phương thức thực hiện là sử dụng mô hình SWAT qua đó hỗ trợ cho các nhà quản lý, hoạch định sử dụng bền vững tài nguyên nước trên lưu vực.

1.2.2 Mục tiêu cụ thể.

- Thiết lập và chạy mô hình SWAT
- Mô phỏng và đánh giá độ chính xác của kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy trên lưu vực
- Đề xuất các giải pháp để quản lý hiệu quả, sử dụng bền vững tài nguyên nước trên lưu vực.

1.3 Đối tượng và phạm vi nghiên cứu.

1.3.1 Đối tượng nghiên cứu.

Trong đề tài này, đối tượng chính mà đề tài tập trung nghiên cứu là tài nguyên nước thông qua việc đánh giá lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông Bé.

1.3.2 Phạm vi nghiên cứu.

Phạm vi nghiên cứu được xác định trong lưu vực sông Bé nằm chảy qua địa phận các tỉnh Đắk Nông, Bình Phước, Bình Dương, Đồng Nai và một phần thuộc Campuchia.

1.4 Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài.

1.4.1 Ý nghĩa khoa học.

Đề tài đã một lần nữa khẳng định tính ưu việt trong việc sử dụng mô hình SWAT để đánh giá lưu lượng dòng chảy trên lưu vực sông Bé, là phương pháp tiếp cận có độ chính xác khá tốt đem lại hiệu quả cao.

1.4.2 Ý nghĩa thực tiễn.

Việc đánh giá lưu lượng dòng chảy sẽ giúp cho các nhà quản lý có cái nhìn cụ thể và chi tiết hơn về tình hình tài nguyên nước trên lưu vực. Qua đó đưa ra những giải pháp hạn chế và quy hoạch sử dụng nguồn nước hiệu quả, đem lại phúc lợi cho xã hội, phát triển kinh tế cho vùng và đất nước.

CHƯƠNG 2. TỔNG QUAN CƠ SỞ LÝ THUYẾT

2.1 Giới thiệu về lưu lượng dòng chảy

2.1.1 Khái niệm lưu lượng dòng chảy

Lưu lượng dòng chảy là lượng nước chảy qua mặt cắt cửa ra trong một đơn vị thời gian (m^3/s). Lưu lượng trên sông thay đổi theo thời gian. Đồ thị biểu diễn sự thay đổi đó gọi là đường quá trình lưu lượng $Q(t)$. Lưu lượng bình quân trong khoảng thời gian T là giá trị trung bình của lưu lượng nước trong khoảng thời gian đó, được xác định theo công thức sau đây.

$$\bar{Q} = \frac{1}{T} \int_0^T Q(t) dt \quad (2.3) \quad \text{hoặc} \quad \bar{Q} = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i}{n}$$

Trong đó : $\bar{Q}$ giá trị bình quân của lưu lượng, n là số thời đoạn tính toán, là lưu lượng bình quân tại mỗi thời đoạn thứ i bất kì.

2.1.2 Tổng lượng dòng chảy.

Tổng lượng dòng chảy là lượng nước chảy qua mặt cắt cửa ra trong một khoảng thời gian T (tháng, mùa, năm) nào đó từ thời điểm t_1 đến t_2 ($T = t_2 - t_1$).

$$\bar{W} = \int_{t_1}^{t_2} Q(t) dt \quad (2.5) \quad \text{hoặc} \quad \bar{W} = \bar{Q}(t_2 - t_1)$$

Trong đó $\bar{W}$ tổng lượng dòng chảy (m^3 hoặc km^3) Q là lưu lượng bình quân trong khoảng thời gian T .

2.1.3 Độ sâu dòng chảy.

Độ sâu dòng chảy là tỉ số giữa tổng lượng dòng chảy với diện tích lưu vực.

$$Y = \frac{10^3 \cdot W}{10^6 \cdot F} = \frac{W}{10^3 \cdot F}$$

Trong đó : Y là độ sâu dòng chảy (mm), W là tổng lượng nước (m^3), F là diện tích lưu vực (km^2).

2.1.4 Mô đun dòng chảy.

Mô đun dòng chảy là trị số lưu lượng dòng chảy trên một đơn vị diện tích của lưu vực.

$$M = \frac{10^3 \cdot \bar{Q}}{F}$$

Trong đó : M là mô đun dòng chảy ($l/s.km^2$), Q là giá trị bình quân của lưu lượng (m^3/s), F là diện tích lưu vực (km^2).

2.1.5 Hệ số dòng chảy.

Hệ số dòng chảy α là tỉ số giữa độ sâu dòng chảy và lượng mưa tương ứng sinh ra trong thời gian T

$$\alpha = \frac{Y}{X}$$

Trong đó : α là hệ số không thứ nguyên, vì $0 \leq Y \leq X$ nên $0 \leq \alpha \leq 1$.

Hệ số α càng lớn, tổn thất dòng chảy càng bé và ngược lại. Bởi vậy, α phản ánh tình hình sản sinh dòng chảy trên lưu vực. Trong khi đó, mô đun dòng chảy và độ sâu dòng chảy phản ánh khả năng phong phú nguồn nước của một lưu vực.

2.2 Hệ thống thông tin địa lý (GIS)

2.2.1 Sơ lược về hệ thống thông tin địa lý (GIS)

Hệ thống thông tin địa lý được hình thành từ những năm 60, Canada là quốc gia tiên phong và được coi như là nơi bắt đầu của công nghệ GIS. Từ sơ khai GIS bắt nguồn từ địa lý, trải qua bao giai đoạn phát triển với sự tích hợp cùng máy tính đã biến GIS thành một công cụ trực quan hóa mạnh mẽ. Ngày nay, GIS đóng góp một phần quan trọng trong các hoạch định, đưa ra các giải pháp để giải quyết các vấn đề liên quan tới môi

trường, dân cư, xã hội. Hệ thống dữ liệu đầu vào của GIS rất đa dạng với sự tích hợp giữa các công nghệ GPS (hệ thống định vị toàn cầu), công nghệ viễn thám, trắc địa ảnh, hệ quản trị cơ sở dữ liệu MySQL, Postgress,... đã đưa công nghệ GIS trở thành ngành công nghệ mang tính liên ngành.

Bảng 2.2 Lịch sử phát triển ngành GIS

Năm	Sự kiện
1963	Phòng đồ họa vi tính của trường Đại học tổng hợp Harvard (R. Fisher, J. Dangermond, D. Sinton, N. Chrisman, G. Dutton, S. Morehouse, T. Peuker).
1963	Thành lập Hiệp hội các hệ thống thông tin đô thị và khu vực (URISA).
1964	Symap ra đời (Hệ thống phần mềm vẽ bản đồ cơ sở do Đại học tổng hợp Harvard xây dựng).
1967	GIS Canada ra đời (R. Tomlinson là tác giả của thuật ngữ GIS).
1967	Thành lập Cơ quan đo vẽ bản đồ thực nghiệm ở Anh (Boyle, Rhind)
1969	Thành lập Intergraph và ESRI (Dangermond và Morehouse).
1973	Các hội nghị về Hệ thống thông tin đô thị (URPIS) được tổ chức tại Ôxtrâyliia dẫn đến sự thành lập của Tổ chức các hệ thống thông tin đô thị Ôxtrâyliia (AURISA) năm 1975.
1973	ODYSSEY (tiền thân của phần mềm GIS do Tổng hợp Harvard xây dựng) ra đời.
1978	Hệ thống hiển thị thông tin nội địa Nhà Trắng (Mỹ) ra đời.
1980	Phần mềm ArcINFO ra đời.
1987	Phần mềm MapINFO ra đời.
1987	Tạp chí GIS quốc tế ra đời.

2.2.2 Định nghĩa hệ thống thông tin địa lý (GIS)

Như đã nói trên GIS là ngành công nghệ mang tính liên ngành, được ứng dụng rộng rãi trong các lĩnh vực như quản lý cơ sở hạ tầng, quản lý đất đai đô thị, quản lý kinh tế - xã hội, quy hoạch sử dụng tài nguyên thiên nhiên – môi trường, công nghệ thông tin. Vì thế có rất nhiều định nghĩa nói về GIS(Geography Information System). Một trong số định nghĩa được nói đến như :

Theo Ducker (1979) định nghĩa, GIS là một trường hợp đặc biệt của hệ thống thông tin, ở đó có cơ sở dữ liệu bao gồm sự quan sát các đặc trưng phân bố không gian, các hoạt động sự kiện có thể được xác định trong khoảng không như đường, điểm, vùng.

Burrough (1986) cho rằng GIS là “một tập hợp các công cụ thu thập, lưu trữ, trích xuất, chuyển đổi và hiển thị dữ liệu không gian từ thế giới thực để phục vụ cho một mục đích nào đó”.

Nguyễn Kim Lợi và ctv (2009) định nghĩa GIS như là “Một hệ thống thông tin mà nó sử dụng dữ liệu đầu vào, các thao tác phân tích, cơ sở dữ liệu đầu ra liên quan về mặt địa lý không gian, nhằm trợ giúp việc thu nhận, lưu trữ, quản lý, xử lý, phân tích và hiển thị các thông tin không gian từ thế giới thực để giải quyết các vấn đề tổng hợp từ thông tin cho các mục đích con người đặt ra, chẳng hạn như: hỗ trợ việc ra quyết định cho quy hoạch và quản lý sử dụng đất, tài nguyên thiên nhiên, môi trường, giao thông, dễ dàng trong việc quy hoạch phát triển đô thị và những việc lưu trữ dữ liệu hành chính”.

2.2.3 Thành phần GIS

Theo Shahab Fazal (2008), GIS có 6 thành phần cơ bản

- Phần cứng: bao gồm hệ thống máy tính mà các phần mềm GIS chạy trên đó. Việc lựa chọn hệ thống máy tính có thể là máy tính cá nhân hay siêu máy tính. Các máy tính cần thiết phải có bộ vi xử lý đủ mạnh để chạy phần mềm và dung lượng bộ nhớ đủ để lưu trữ thông tin (dữ liệu).

- Phần mềm: phần mềm GIS cung cấp các chức năng và công cụ cần thiết để lưu trữ, phân tích và hiển thị dữ liệu không gian. Nhìn chung, tất cả các phần mềm GIS có thể đáp ứng được những yêu cầu này, nhưng giao diện của chúng có thể khác nhau.
- Dữ liệu: dữ liệu địa lý và dữ liệu thuộc tính liên quan là nền tảng của GIS. Dữ liệu này có thể được thu thập nội bộ hoặc mua từ một nhà cung cấp dữ liệu thương mại. Bản đồ số là hình thức dữ liệu đầu vào cơ bản cho GIS. Dữ liệu thuộc tính đi kèm đối tượng bản đồ cũng có thể được đính kèm với dữ liệu số. Một hệ thống GIS sẽ tích hợp dữ liệu không gian và các dữ liệu khác bằng cách sử dụng hệ quản trị cơ sở dữ liệu.
- Phương pháp: một hệ thống GIS vận hành theo một kế hoạch, đó là những mô hình và cách thức hoạt động đối với mỗi nhiệm vụ. Về cơ bản, nó bao gồm các phương pháp phân tích không gian cho một ứng dụng cụ thể. Ví dụ, trong thành lập bản đồ, có nhiều kỹ thuật khác nhau như tự động chuyển đổi từ raster sang vector hoặc vector hóa thủ công trên nền ảnh quét.
- Con người: người sử dụng GIS có thể là các chuyên gia kỹ thuật, đó là người thiết kế và thực hiện hệ thống GIS, hay có thể là người sử dụng GIS để hỗ trợ cho các công việc thường ngày. GIS giải quyết các vấn đề không gian theo thời gian thực. Con người lên kế hoạch, thực hiện và vận hành GIS để đưa ra những kết luận, hỗ trợ cho việc ra quyết định.
- Mạng lưới: với sự phát triển nhanh chóng của công nghệ thông tin, ngày nay thành phần có lẽ cơ bản nhất trong GIS chính là mạng lưới. Nếu thiếu nó, không thể có bất cứ giao tiếp hay chia sẻ thông tin số. GIS ngày nay phụ thuộc chặt chẽ vào mạng internet, thu thập và chia sẻ một khối lượng lớn dữ liệu địa lý.



Hình 2.2 Các thành phần của GIS

2.2.4 Chức năng GIS

GIS có 4 chức năng cơ bản (Basanta Shrestha et al., 2001), đó là:

- Thu thập dữ liệu: dữ liệu được sử dụng trong GIS đến từ nhiều nguồn khác nhau, có nhiều dạng và được lưu trữ theo nhiều cách khác nhau. GIS cung cấp công cụ để tích hợp dữ liệu thành một định dạng chung để so sánh và phân tích. Nguồn dữ liệu chính bao gồm số hóa thủ công/ quét ảnh hàng không, bản đồ giấy và dữ liệu số có sẵn. Ảnh vệ tinh và Hệ thống Định vị Toàn cầu (GPS) cũng là nguồn dữ liệu đầu vào.
- Quản lý dữ liệu: sau khi dữ liệu được thu thập và tích hợp, GIS cung cấp chức năng lưu trữ và duy trì dữ liệu. Hệ thống quản lý dữ liệu hiệu quả phải đảm bảo các điều kiện về an toàn dữ liệu, toàn vẹn dữ liệu, lưu trữ và trích xuất dữ liệu, thao tác dữ liệu.

- Phân tích không gian: đây là chức năng quan trọng nhất của GIS làm cho nó khác với các hệ thống khác. Phân tích không gian cung cấp các chức năng như nội suy không gian, tạo vùng đệm, chồng lớp.
- Hiển thị kết quả: một trong những khía cạnh nổi bật của GIS là có nhiều cách hiển thị thông tin khác nhau. Phương pháp truyền thống bằng bảng biểu và đồ thị được bổ sung với bản đồ và ảnh ba chiều. Hiển thị trực quan là một trong những khả năng đáng chú ý nhất của GIS, cho phép người sử dụng tương tác hữu hiệu với dữ liệu.

2.3 Mô hình đánh giá đất và nước (SWAT)

2.3.1 Tổng quan mô hình SWAT.

Công cụ đánh giá đất và nước SWAT (Soil and Water Assessment Tool) được phát triển bởi Trung tâm Phục vụ Nghiên cứu Nông nghiệp (ARS) thuộc Bộ Nông nghiệp Hoa Kỳ (USDA). Trải qua nhiều năm hình thành và phát triển, mô hình SWAT đã được nhiều tổ chức, cơ quan chính phủ, các nhà hoạch định và các trường đại học trong và ngoài nước ứng dụng vào công tác giảng dạy, nghiên cứu. Từ khi ra đời SWAT đã được cải tiến qua các thế hệ phiên bản như: SWAT94.2, SWAT96.2, SWAT98.1, SWAT99.2, SWAT2000, SWAT2005, SWAT2009 và mới nhất là SWAT2012.

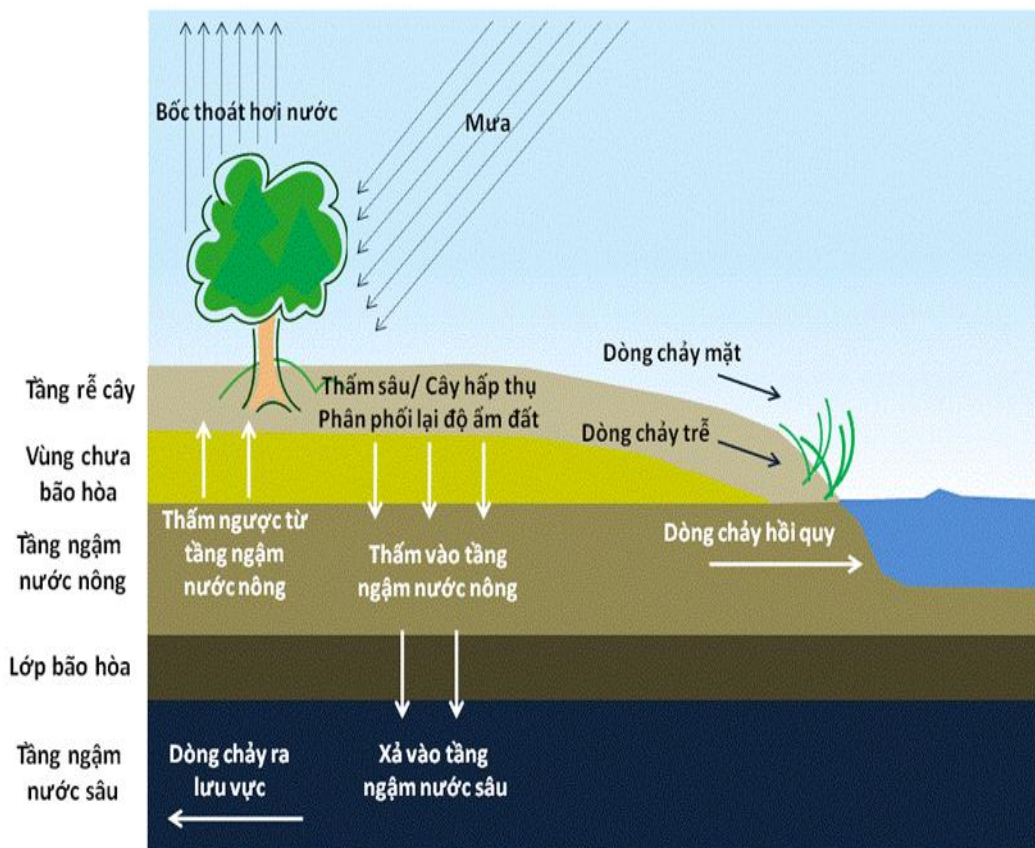
Đóng góp vào sự thành công của mô hình SWAT là Tiến Sĩ Jeff Arnold và Giáo sư Srinivasan thuộc Đại học Texas A&M, Hoa Kỳ. SWAT là một mô hình rất tốt dùng để quản lý đất và nước bởi vì nó có nhiều ưu điểm như: có thể mô hình hóa lưu vực không có dữ liệu giám sát, có thể định lượng một cách tương đối 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 16 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.

2.3.2 Nguyên lý mô phỏng mô hình SWAT.

Mô hình thủy văn trong lưu vực được phân chia thành hai nhóm chính (Susan L. Neitsch *et al.*, 2009):

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



Hình 2.3 Sơ đồ chu trình thủy văn trong pha đất (phỏng theo Susan L. Neitsch *et al.*, 2009)

SWAT mô hình hóa chu trình nước dựa trên cơ sở phương trình cân bằng nước sau (Susan L. neitsch *et al.*, 2009):

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

Trong đó

SW_t : lượng nước trong đất tại thời điểm t (mm)

SW_o : lượng nước trong đất tại thời điểm ban đầu trong ngày thứ i (mm)

t : thời gian (ngày)

R_{day} : lượng nước mưa trong ngày thứ i (mm)

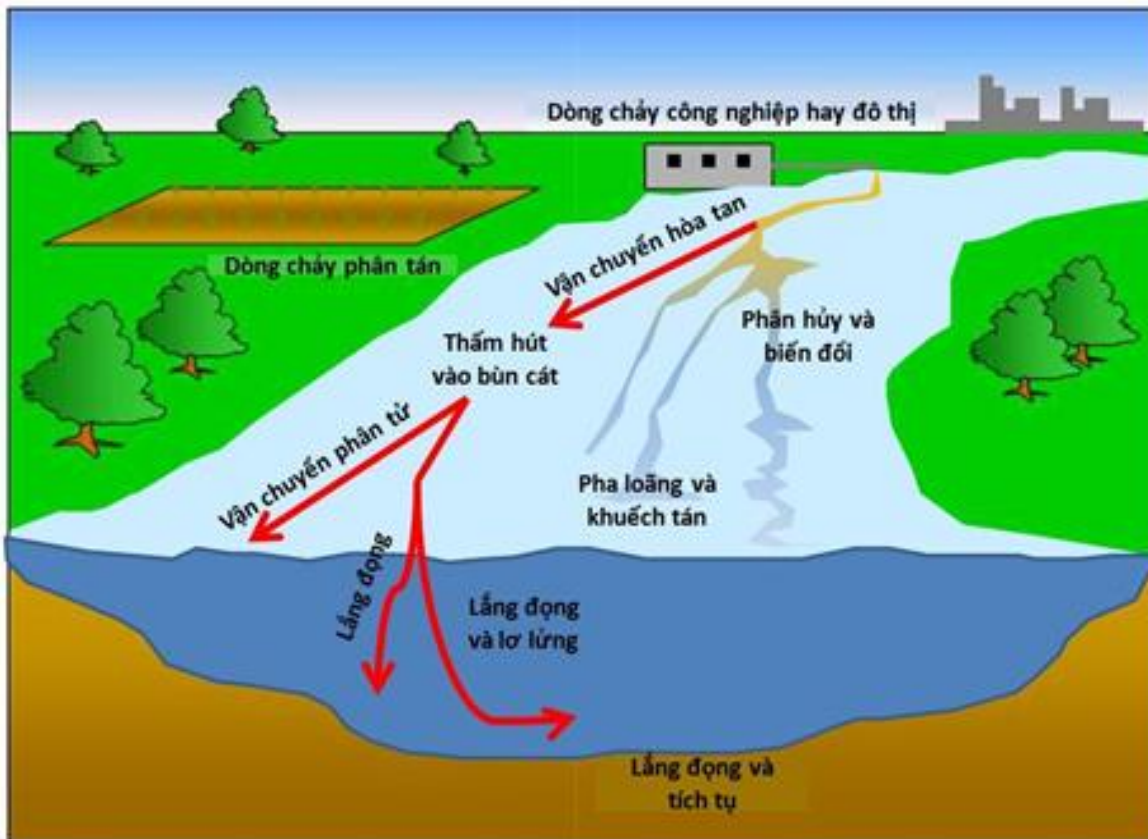
Q_{surf} : lượng dòng chảy mặt trong ngày thứ i (mm)

E_a : lượng nước bốc hơi trong ngày thứ i (mm)

w_{seep} : lượng nước thấm vào vùng chưa bão hòa trong ngày thứ i (mm)

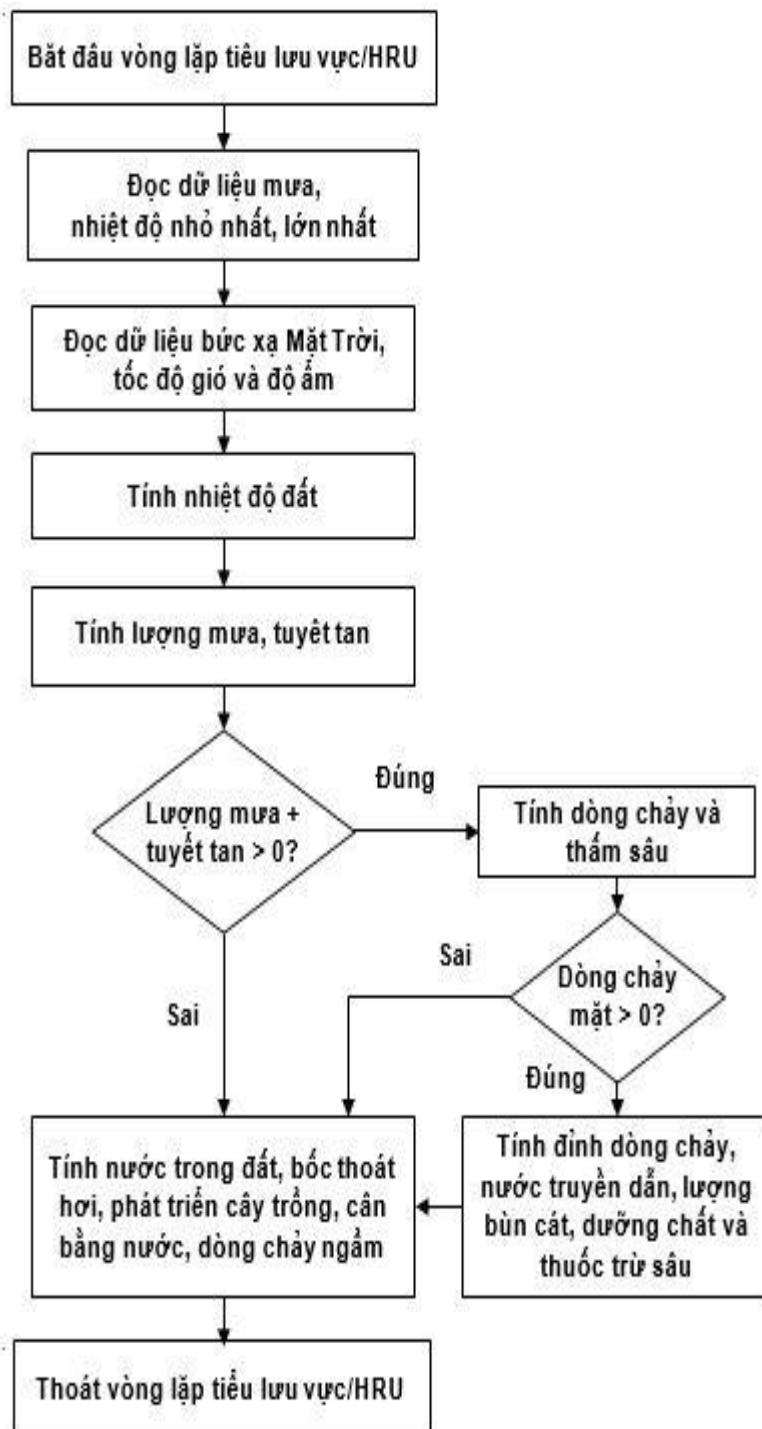
Q_{gw} : lượng nước ngầm chảy ra sông trong ngày thứ i (mm)

Pha nước của chu trình thủy văn: 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 2.4 Các quá trình trong dòng chảy được mô phỏng bởi SWAT (phỏng theo Susan L. neitsch *et al.*, 2009)

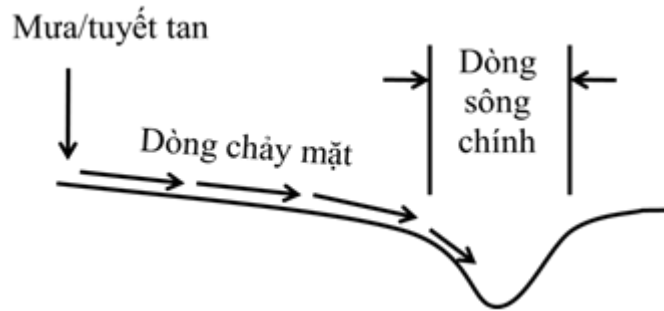
SWAT xác định quá trình di chuyển nước, phù sa, dưỡng chất và thuốc trừ sâu vào mạng lưới sông ngòi của lưu vực bằng cách sử dụng cấu trúc lệnh (Williams and Hann, 1972 trích dẫn trong Susan L.N. et al., 2009, p.20). Thêm vào đó, để thể hiện dòng di chuyển của hóa chất, SWAT mô phỏng sự biến đổi của hóa chất trong kênh, rạch và sông chính. Được thể hiện qua sơ đồ hình 2.5 .



Hình 2.5 Vòng lặp HRU/tiêu lưu vực (phỏng theo Susan L. neitsch *et al.*, 2009)

2.3.3 Nguyên lý mô phỏng dòng chảy.

Dòng chảy mặt, hay dòng chảy tràn, dòng chảy trong kênh là dòng chảy xuất hiện trên bề mặt lưu vực khi lượng nước trên bề mặt đất vượt quá tỉ lệ thấm. Khi nước chảy trên đất khô, tỉ lệ thấm thường cao. Tuy nhiên, tỉ lệ này sẽ giảm khi đất trở nên ướt hơn. Đến khi lượng nước chảy tràn cao hơn tỉ lệ thấm, bề mặt đất dần trở nên bão hòa, dòng chảy mặt bắt đầu xuất hiện.



Hình 2.6 Mô phỏng dòng chảy mặt

Trong SWAT, mô hình sẽ cung cấp hai phương pháp ước lượng dòng chảy bề mặt là phương pháp đường cong số (SCS - Soil Conservation Service, 1972) và Green – Ampt (Green, W.H. and G.A. Ampt, 1911). Đối với phương pháp đường cong số SCS chỉ cần lượng mưa theo ngày, trong khi đó phương pháp Green – Ampt lại yêu cầu lượng mưa theo giờ.

2.4 Tình hình nghiên cứu trên thế giới và tại Việt Nam.

2.4.1 Tình hình nghiên cứu trên thế giới.

Trong khu vực Đông Nam Á, mô hình SWAT được ứng dụng rộng rãi tại một số quốc gia như Thái Lan, Malaysia, Lào, Việt Nam và một số nước phát triển trên thế giới như Nhật Bản, Mỹ. Hằng năm các hội thảo về SWAT đã được tổ chức, các bài báo cáo cũng mang tính nghiên cứu rất thiết thực, phản ánh tác động của biến đổi khí hậu, ảnh hưởng của dân cư, thảm phủ lên nguồn nước. Điển hình như :

Nghiên cứu “ Đánh giá dòng chảy lưu vực vào hồ Shinji ảnh hưởng đến môi trường nước” của nhóm tác giả Hiroaki Somura, Yasumichi Yone, Yasushi Mori, Erina

Takahashi đã tiến hành đánh giá sự ảnh hưởng của thay đổi sử dụng đất, gia tăng hoặc giảm dân số và phát triển lưu vực đến số lượng và chất lượng nước, một trong những chủ đề quan trọng trong lưu vực. Cũng như quản lý thống nhất của môi trường nước từ lưu vực sông đến hạ lưu và hồ, nó là một trong những vấn đề quan trọng cho sự bảo tồn và sử dụng bền vững nguồn tài nguyên. (Hiroaki Somura, Yasumichi Yone, Yasushi Mori, Erina Takahashi – 2013)

Nghiên cứu “ Ứng dụng mô hình SWAT đánh giá ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến cân bằng nước và sản lượng cây trồng tại phía Tây lưu vực sông Seti ở Nepal ” đã cho thấy rằng vùng Himalayan là một trong những vùng chịu ảnh hưởng nhất của Biến đổi khí hậu. Theo Ủy Ban Biến Đổi Khí Hậu (IPPC) thì trong khoảng từ năm 1977 đến năm 2000 thì nhiệt độ trung bình tăng 0,06 độ mỗi năm, việc gia tăng nhiệt độ sẽ ảnh hưởng đến chế độ thủy văn, sẽ ảnh hưởng trực tiếp đến chế độ thủy văn, dòng chảy bề mặt, lưu lượng dòng chảy của lưu vực. (Mohamad Adnan Rajib – 2013)

Nghiên cứu “ Đánh giá ảnh hưởng của hoạt động sản xuất nông nghiệp đến xói mòn đất tại lưu vực Ungaged ” xói mòn đất được xem là một nguyên nhân chính gây suy thoái đất ở môi trường Địa Trung Hải . Những nghiên cứu hiện nay cho thấy kết quả của việc áp dụng SWAT (arcSWAT 2009.93.5) để mô phỏng quá trình xói mòn đất trong lưu vực Ungaged nằm trong khu vực Anoia-Penedes (Tây Ban Nha). Việc sử dụng đất nông nghiệp chủ yếu là cây thân thảo (lúa mạch mùa đông) và cây ô liu. Các nguồn dữ liệu chính để chạy SWAT là bản đồ đất chi tiết của Catalonia, độ phân giải bản đồ DEM 5 m và sử dụng đất / thực vật có nguồn gốc từ orthophotos thực hiện trong năm 2010. Mô hình này đã được hiệu chuẩn và kiểm định sử dụng dữ liệu tập tin (mẫu hàm lượng nước trong đất xói mòn) thu tại tiểu lưu vực khác nhau. Mô hình này đã được tiến hành trong giai đoạn 2000-2012, trong đó các năm đều có đặc điểm khí hậu khác nhau. Lượng mưa dao động từ 329mm và 785 mm tỉ lệ dòng chảy dao động từ 4 đến 20% và lỗ đất trung bình hàng năm dao động giữa 2 và 14 Mg / ha, với sự khác biệt rõ ràng giữa các đơn vị thủy văn tùy thuộc vào đặc tính của đất và quản lý đất đai. Các giá trị cao nhất tương

ứng với khu vực nằm gần lưu vực, nơi đất bị ảnh hưởng nhiều bởi các hoạt động đất và san lấp mặt bằng. (Ramos, Martínez Casasnovas – 2013)

2.4.2 Tình hình nghiên cứu tại Việt Nam

Hiện nay, mô hình SWAT đã được một số nhà khoa học, nghiên cứu sinh sử dụng trong việc đánh giá lưu lượng dòng chảy, xói mòn đất, chất lượng nước. Điển hình một số nghiên cứu đã được thực hiện :

Nghiên cứu : “ Kết quả ứng dụng mô hình SWAT trong tính toán xói mòn bề mặt lưu vực hạ lưu sông MeKong” cho thấy được kết quả ứng dụng mô hình SWAT trong tính toán xói mòn lưu vực Mekong, từ đó ước tính tải lượng bùn cát về Kratie, đầu nguồn của vùng đồng bằng châu thổ. Kết quả cũng cho thấy SWAT có khả năng ước tính tải lượng bùn cát trên lưu vực với độ tin cậy chấp nhận được. Trên phần hạ lưu vực Mekong, vùng có suất bùn cát lớn nhất là vùng từ Luang Prabang cho đến Mudkahan với suất bùn cát trung bình khoảng 289,000 tấn/ngày. Đây là vùng có địa hình dốc, lượng mưa trung bình hàng năm lớn. Tải lượng bùn cát trung bình năm tính toán tại Kratie trong giai đoạn 2007-2011 là khoảng 162 triệu tấn/năm. (Lê Mạnh Hùng, Trần Bá Hoàng, Nguyễn Duy Khang, Trần Tuấn Anh – 2014)

Nghiên cứu : “Đánh giá tác động của rừng đến dòng chảy và xói mòn đất trên một số lưu vực sông miền Trung và Tây Nguyên” của tác giả Ngô Đình Quế đã cho thấy tác dụng của rừng trong việc điều tiết dòng chảy mặt và chống xói mòn đất là một trong những chức năng quan trọng của rừng phòng hộ, bài báo cáo đã tiến hành nghiên cứu về tác dụng điều tiết dòng chảy và hạn chế xói mòn đất của rừng tự nhiên tại hai lưu vực sông Rào Nậy, Tỉnh Quảng Bình và sông Pơ Cô, tỉnh Kon Tum. (Ngô Đình Quế - 2013)

“Đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên sự thay đổi dòng chảy ở lưu vực sông SrêPôk ” của tác giả Đào Nguyên Khôi đã xem xét và tính toán sự ảnh hưởng của biến đổi khí hậu đến dòng chảy tại lưu vực sông SrêPôk. Trong đó các kịch bản biến đổi khí hậu đã được tác giả xây dựng bằng phương pháp chi tiết hóa thống kê dựa vào kết quả mô phỏng của mô hình MIROC 3.2 Hires, sau đó mô hình SWAT được đưa vào để xem

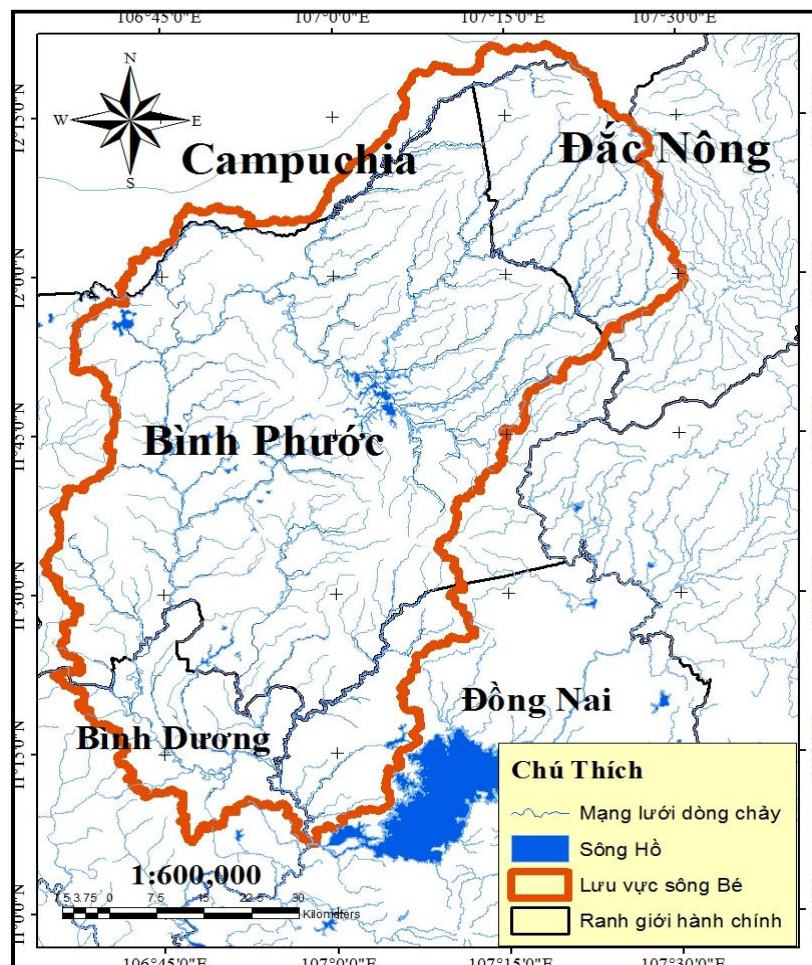
xét sự thay đổi của tương lai so với hiện tại. Kết quả hiệu chỉnh và kiểm định mô hình chỉ ra rằng mô hình SWAT có thể mô phỏng tốt dòng chảy trong lưu vực sông. Kết quả nghiên cứu còn chỉ ra rằng sự tăng nhiệt độ năm khoảng từ 1.3 lên 3.9°C và sự giảm lượng mưa năm từ 0.5 lên 4.4% dẫn đến sự giảm lưu lượng dòng chảy năm khoảng 2.8 lên 7.6%. Sự giảm mạnh lưu lượng dòng chảy được quan sát diễn ra trong mùa khô.

Nghiên cứu “ Ứng dụng mô hình SWAT đánh giá tác động của biến đổi khí hậu đến dòng chảy lưu vực sông Đáy trên địa bàn Thành Phố Hà Nội ” của Lê Văn Linh và Nguyễn Thanh Sơn đã cho thấy ảnh hưởng của biến đổi khí hậu làm cho dòng chảy tăng lên cao vào mùa lũ và dòng chảy kiệt vào mùa hạ, hơn nữa các hiện tượng thời tiết cực đoan xảy ra nhiều hơn trước. Qua nghiên cứu, các tác giả cũng đã tìm bộ thông số phù hợp với mô hình SWAT tại lưu vực sông Đáy trên Thành Phố Hà Nội và áp dụng bộ thông số đó để đánh giá tác động của biến đổi khí hậu lên dòng chảy. Trong giai đoạn hiệu chỉnh và kiểm định hệ số Nash lần lượt là 0.73 và 0.76 đồng thời muốn nâng cao độ chính xác của mô hình cần cải thiện chất lượng DEM, bản đồ sử dụng đất, thảm phủ và bản đồ thổ nhưỡng cũng như các dữ liệu thời tiết. (Lê Văn Linh, Nguyễn Thanh Sơn – 2014)

CHƯƠNG 3. ĐẶC ĐIỂM KHU VỰC NGHIÊN CỨU

3.1 Vị trí địa lý khu vực nghiên cứu

Lưu vực sông Bé là một trong bốn phụ lưu lớn của lưu vực sông Đồng Nai, có diện tích khoảng 7.650 km². Sông Bé chảy qua địa phận các tỉnh Đắc Nông, Bình Phước, Bình Dương, Đồng Nai và một phần lãnh thổ Campuchia. Phạm vi của lưu vực nằm trong vị trí tọa độ từ 11°06' - 12°22' độ vĩ Bắc và 106°35' - 107°31' độ kinh Đông. Về ranh giới, phía Bắc giáp với các sông nhánh của lưu vực sông Mê Kông thuộc Campuchia, phía Đông và Nam giáp lưu vực sông Đồng Nai, phía Tây giáp lưu vực sông Sài Gòn. Vị trí của lưu vực sông Bé được thể hiện ở hình 3.1



Hình 3.1 Sơ đồ vị trí lưu vực Sông Bé

3.2 Điều kiện tự nhiên khu vực nghiên cứu

3.2.1 Địa hình.

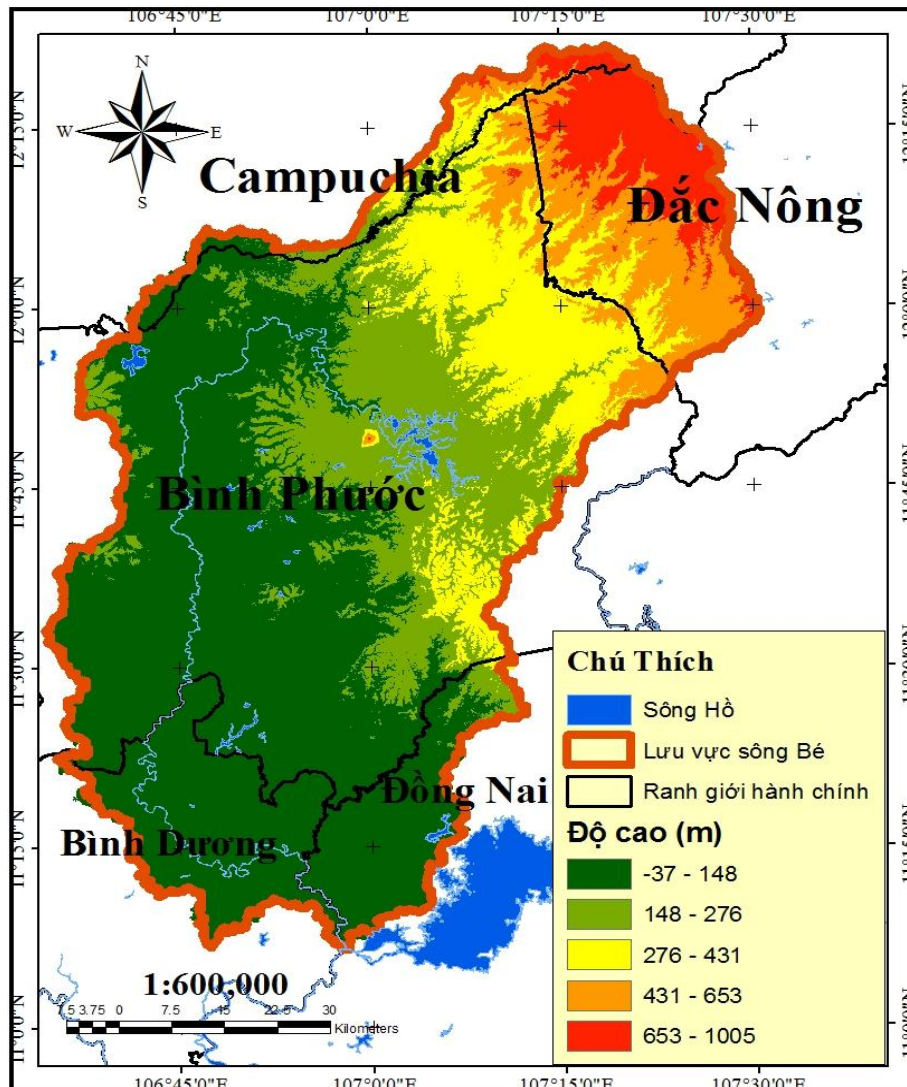
Lưu vực sông Bé nằm trên vùng chuyển tiếp từ địa hình núi cao, cao nguyên của phần cuối phía Nam dãy Trường Sơn xuống đồng bằng Nam Bộ nên địa hình biến đổi rất đa dạng và phức tạp. Trên lưu vực vừa có địa hình đồi núi lại vừa có địa hình trung du dạng gò đồi úp bát và lượn sóng xen lẫn một ít đồng bằng nhỏ, hẹp và một số dạng lòng chảo

Địa hình dạng đồi núi chiếm phần lớn diện tích lưu vực, tập trung chủ yếu ở trung lưu (đoạn Bình Long - Đồng Phú) lên thượng nguồn sông. Từ Phước Long trở lên, cao độ biến đổi từ 200 - 900 m. Đây là vùng có nhiều núi cao, với các đỉnh Bu Dak Lung 982 m, Don Linh 960 m, Yok R'tou 857 m, Bu Plang 849 m... đều thuộc huyện Đắc R'lấp, tỉnh Đắc Nông và kết thúc vùng này là núi Bà Rá thuộc huyện Phước Long, tỉnh Bình Phước, cao độ 726 m.

Địa hình trung du dạng đồi bát úp và lượn sóng phân bố ở vùng trung lưu và phía Đông của hạ lưu vực sông. Cao độ phổ biến ở đây từ 100 - 200 m. Đất đai vùng này hầu hết là đất đỏ bazan, tơi xốp và phì nhiêu, đã được khai thác phần lớn để trồng cây công nghiệp có giá trị kinh tế cao như cao su, điều, cà phê và hồ tiêu...

Địa hình vùng đồng bằng trung du ở hạ lưu ít chia cắt hơn, nhưng không có các cánh đồng lớn tập trung mà chủ yếu là dạng gò xoải và lượn sóng ven theo triền đồi của các suối Nước Trong, suối Giai phía bờ trái, vùng Tân Lập, Minh Hương, Tân Quan và Chơn Thành phía bờ phải. Cao độ vùng này phổ biến từ 50 - 100 m.

Địa hình đồng bằng trũng cục bộ nằm rải rác dọc theo các sông suối trên lưu vực. Những đồng bằng dạng này thường nhỏ hẹp, chủ yếu dùng để trồng lúa nước, một số nơi chưa được cải tạo nên vẫn là đồng lầy hoang hóa. Hướng nghiêng của địa hình cũng là hướng dốc của lưu vực, với độ cao giảm dần theo hướng Đông Bắc - Tây Nam, từ 750 - 1.000 m ở vùng thượng, trung lưu xuống vùng hạ lưu chỉ còn 80 - 100 m và tăng dần từ phía Tây lưu vực với 80 - 150 m sang phía Đông lưu vực với 250 - 700 m.



Hình 3.3 Bản đồ địa hình lưu vực Sông Bé

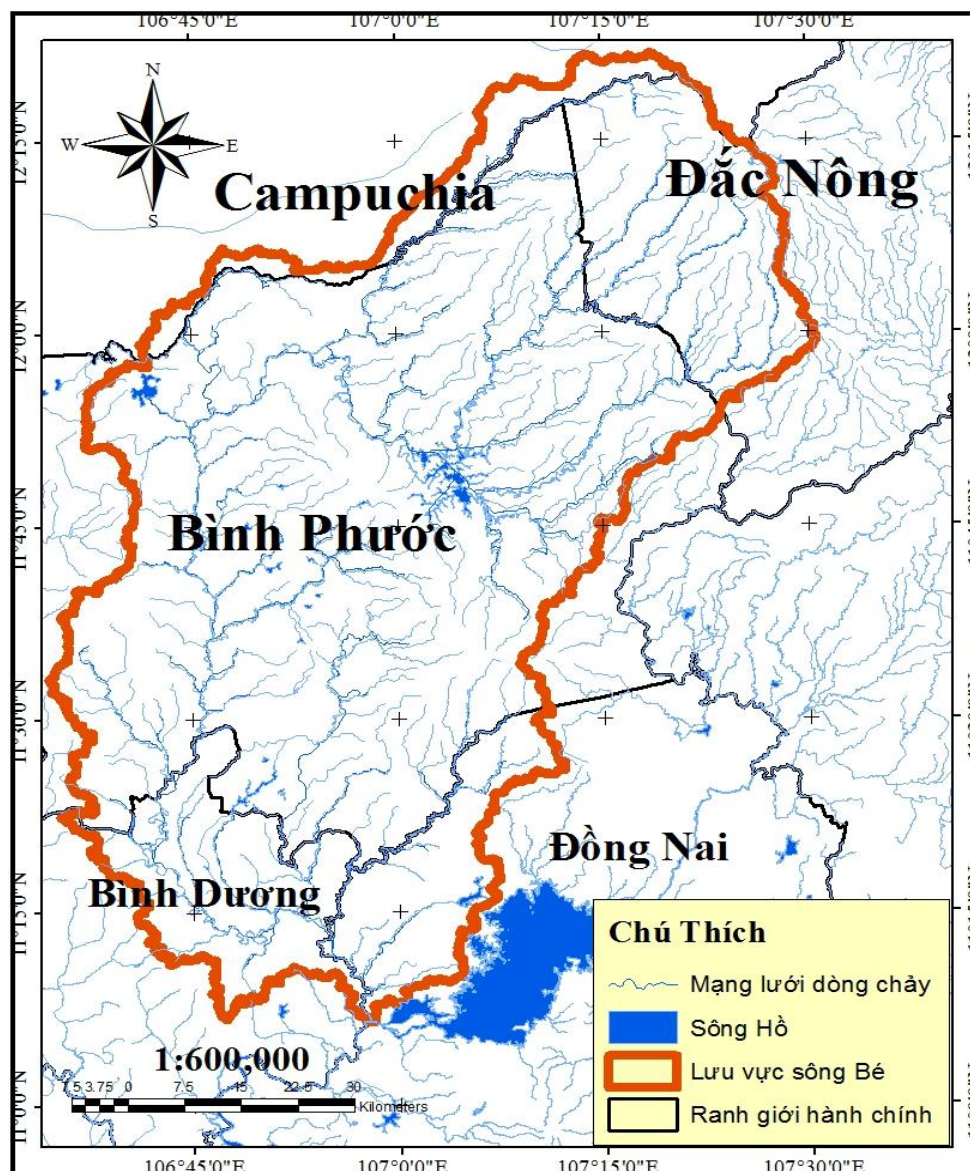
3.2.2 Sông ngòi.

Sông Bé là phụ lưu lớn nhất ở hữu ngạn sông Đồng Nai, bắt nguồn từ vùng núi thuộc cao nguyên Xnaro, phần đuôi của dãy Trường Sơn Nam, với các đỉnh núi có cao độ từ 950 đến gần 1.000 m, nằm gần sát biên giới Việt Nam - Campuchia. Lưu vực sông Bé có diện tích 7.650 km², lưu lượng dòng chảy 255 m³/s, chiều dài sông chính 350 km, hệ số uốn khúc 1,4 và độ dốc lòng sông là 0,0032. Dòng sông chảy quanh co, uốn khúc, luôn đổi hướng, tạo thành nhiều đoạn có hình vòng cung. Đoạn thượng nguồn sông chảy

gần như theo hướng Đông Bắc - Tây Nam, sau đó chuyển ngược lên theo hướng Đông Nam - Tây Bắc, tiếp đó đi theo hướng gần với Bắc - Nam và cuối cùng là hướng Tây Bắc - Đông Nam trước khi nhập vào dòng chính sông Đồng Nai, tại vị trí cách thác Trị An khoảng 6 km về phía hạ lưu. Sông hầu như không ảnh hưởng triều, chỉ trừ vài km gần cửa sông ảnh hưởng nước vật khi triều lên trên dòng chính Đồng Nai.

Hệ thống sông ngòi lưu vực sông Bé chảy qua vùng đất có địa hình biến đổi nên nhìn chung có độ dốc tương đối lớn. Địa hình dốc là một trở ngại lớn không những trong phát triển kinh tế-xã hội mà còn trong quản lý chống xói mòn lưu vực và quản lý ứng phó với lũ lụt... Chính địa hình dốc tạo nên đặc trưng lũ của sông Bé là lên nhanh và xuống nhanh, khác hẳn với lũ của các lưu vực phụ cận là lên chậm và xuống chậm. Sông rạch trong lưu vực cũng không phải là những tuyến giao thông thủy lý tưởng, và hầu hết vùng thượng-trung lưu không thể khai thác dòng sông phục vụ cho giao thông thủy. Tuy nhiên, địa hình dốc lại là nơi thuận lợi để xây dựng các công trình hồ chứa có dung tích lớn nhằm điều tiết nguồn nước tự nhiên phân bố không cân đối trong năm. Bên cạnh đó, địa hình dốc là tiềm năng lớn cho phát triển thủy điện.

Sông rạch ở lưu vực sông Bé là những tuyến giao thông thủy rất quan trọng với nhiều cảng sông, cảng biển. Tuy nhiên, do nằm ở hạ lưu chịu tác động trực tiếp của triều biển Đông nên việc mặn xâm nhập sâu hơn trong những điều kiện nguồn nước ở thượng lưu không đủ cung cấp đã, đang và sẽ tác động không nhỏ đến các hoạt động cấp nước trong vùng.



Hình 3.4 Bản đồ mạng lưới sông ngòi lưu vực Sông Bé

3.2.3 Khí hậu

Khí hậu trên toàn lưu vực sông Bé phân hoá theo mùa sâu sắc với hai mùa rõ rệt trong năm: mùa mưa và mùa khô. Nhiệt độ trên lưu vực chịu ảnh hưởng trực tiếp chế độ nhiệt đới gió mùa với nhiệt độ trung bình năm toàn lưu vực khoảng 25⁰C. Nằm trong vùng nhiệt đới gió mùa nên lưu vực có độ ẩm không khí khá cao, trung bình năm đạt từ 80-86%, tùy từng khu vực, thay đổi theo mùa và cao độ địa hình. Lượng bốc hơi bình quân năm trên lưu vực đạt từ 600-1.350 mm. Mưa trên LVSDN&PC chịu ảnh hưởng bởi

quy luật gió mùa với hai mùa gió gây mưa chính là Tây-Nam và Đông-Bắc. Hàng năm, lượng mưa bình quân năm trên toàn lưu vực đạt khoảng 2.100 mm, chế độ mưa thay đổi khá lớn theo không gian, thời gian.

Vùng mưa lớn của lưu vực nằm ở trung lưu với lượng mưa năm có thể đạt từ 2.500-mm, thậm chí trên 3.000 mm, Vùng mưa trên trung bình trên lưu vực nằm ở tung-hạ lưu sông Bé lượng mưa năm từ 2.200 -2.500 mm. Mùa mưa trên lưu vực thường bắt đầu từ nửa cuối tháng IV và kết thúc vào nửa đầu tháng XI, kéo dài khoảng 6 tháng. Lượng mưa bình quân tháng cao nhất thường rơi vào tháng VIII và IX, đạt từ 200-600 mm/tháng và là tháng có khả năng gây lũ cao.

Mùa khô trên lưu vực bắt đầu từ nửa cuối tháng XI và kéo dài đến nửa đầu tháng IV năm sau. Trong các tháng này, lượng mưa bình quân nhỏ nhất rơi vào tháng I và II, chỉ còn từ vài mm đến vài chục mm, thậm chí có năm không có mưa. Lượng mưa nhỏ trong mùa khô là nguyên nhân chính dẫn đến dòng chảy cạn kiệt trên các sông suối trên lưu vực.

Độ ẩm trung bình năm ở các nơi trên lưu vực nằm trong khoảng 80 – 82 %. Độ ẩm lớn thường rơi vào các tháng trong mùa mưa (tháng VI - X đạt từ 80 – 90 %) và độ ẩm nhỏ vào các tháng mùa khô (tháng I - III đạt từ 70 – 75 %).

Bảng 3.1 Độ ẩm trung bình tháng tại một số địa điểm

	Trung bình											
Trạm	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Phước Long	72	70	70	75	82	81	88	89	89	87	80	75
Đồng Phú	75	71	71	77	83	87	88	89	87	88	83	80
Lộc Ninh	70	69	69	73	83	88	89	90	90	80	73	74
Sở Sao	74	75	74	76	82	87	88	88	89	88	86	81

(VQHTLMN, 2002)

Lượng bốc hơi biến đổi các nơi trên lưu vực vào khoảng từ 1.000 - 1.200 mm. Trong các tháng mùa mưa, do nắng ít, nhiệt độ giảm, độ ẩm cao nên lượng bốc hơi trong các tháng này thường nhỏ, chỉ từ 46 - 70 mm, nhỏ nhất vào tháng IX (46 - 57 mm). Lượng bốc hơi lớn nhất thường vào các tháng mùa khô, từ 110 - 170 mm, lớn nhất vào tháng III với các nơi đều đạt trên 150 mm do trong những tháng này trời nhiều nắng, nhiệt độ cao, độ ẩm thấp, gió thổi mạnh.

Bảng 3.2 Lượng bốc hơi trung bình tháng tại một số địa điểm (mm)

Trạm	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Tổng năm
Phước Long	126,6	129,4	152,1	123,5	89,1	61,7	55,0	52,8	46,5	52,4	77,3	105,6	1072
Đồng Phú	114,5	134,6	159,2	125,8	75,1	56,7	52,4	49,8	46,6	54,9	66,7	94,7	1031
Lộc Ninh	147,2	151,2	173,5	160,4	105,4	58,5	55,8	51,2	48,0	60,5	93,0	116,3	1221
Sở Sao	114,2	123,9	150,9	136,7	93,5	65,4	63,5	69,1	57,2	56,6	66,2	88,8	1086

(VQHTLMN, 2002)

Lưu vực sông Bé chịu ảnh hưởng của hai luồng gió chính là gió mùa Đông Bắc và gió mùa Tây Nam. Gió mùa Đông Bắc thổi từ tháng XI - IV, hướng chủ yếu là Bắc và Đông Bắc xuống. Đặc trưng nguyên thủy của khối không khí này là khô, độ ẩm thấp và khá lạnh. Tốc độ gió trung bình năm trên lưu vực biến đổi trong khoảng từ 1,0 – 2,0 m/s. Trong đó, vùng cao Phước Long, Bù Đăng và Dak R'Lap có tốc độ gió lớn nhất đạt trên dưới 2,0 m/s. Trong khi đó các nơi khác trên lưu vực tốc độ gió trung bình tháng chỉ đạt từ 0,7 – 1,4 m/s. Tốc độ gió lớn nhất trong năm tùy từng nơi có thể đạt tới 16 – 20 m/s.

Bảng 3.3 Tốc độ gió trung bình tháng tại một số địa điểm (m/s)

Trạm	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Trung bình năm
Phước Long	1.8	1.9	2.1	1.9	1.9	1.9	2.1	1.9	1.7	1.5	1.8	2.0	1.9
Đồng Phú	1.0	1.1	1.3	1.0	0.7	0.9	0.9	1.1	1.0	0.7	0.9	1.0	1.0
Sở Sao	0.8	1.3	1.4	1.2	1.0	0.9	1.0	1.3	0.9	0.7	0.6	0.8	1.0

3.2.4 Thủy văn

Dòng chảy mặt trên LVSDN chịu sự chi phối chủ yếu của chế độ mưa nên cũng biến đổi rất sâu sắc theo không gian và thời gian. Theo không gian, bên cạnh có những nơi lớp dòng chảy nhỏ, biến động cao, thì cũng có những nơi lớp dòng chảy dồi dào và ít biến động hơn. Theo thời gian, dòng chảy được phân chia thành hai mùa rõ rệt, với mùa lũ thường chậm hơn mùa mưa 1-2 tháng và mùa kiệt thường trùng với mùa khô.

Hàng năm, nhìn chung, mùa lũ bắt đầu từ tháng VI và kết thúc vào tháng XI, kéo dài 6 tháng. Tuy nhiên, thời gian này không đều ở từng vùng. Mùa kiệt thường duy trì trong khoảng từ tháng XII-V, với tháng kiệt nhất thường xảy ra vào tháng III hoặc IV, thậm chí tháng V. Nhìn chung, sự chênh lệch dòng chảy lũ/kiệt rất lớn, từ 5- 20 lần, thậm chí hơn (tùy theo cấp diện tích lưu vực).

Sự phân hóa mạnh mẽ dòng chảy hai mùa dẫn đến hướng khai thác tối ưu nguồn nước trên toàn lưu vực là xây dựng các hồ chứa điều tiết có chu kỳ năm hoặc nhiều năm, trước mắt là hồ điều điều tiết năm. Một hệ thống khai thác kiểu bậc thang trên hệ thống sông Đồng Nai là rất có lợi về mặt sử dụng tài nguyên nước.

Nguồn cung cấp dòng chảy ở các sông suối LVHTSDN là nước mưa. Hàng năm, nơi đây được nhận khoảng 108 tỷ m³ nước từ mưa. Hơn nữa, khoảng 96% diện tích lưu vực thuộc địa phận Việt Nam, do vậy đây là điều kiện thuận lợi rất cơ bản cho việc khai thác và sử dụng nguồn nước bền vững ở LVHTSDN và ven biển Đông.

Tuy nhiên, diễn biến thủy văn LVHTSDN khá phức tạp, không những có liên quan đến diễn biến mưa mà còn chịu sự chi phối mạnh mẽ bởi điều kiện địa hình (tự nhiên và các tác động của con người). Vùng hạ lưu còn chịu sự chi phối mạnh mẽ bởi chế độ thủy triều biển Đông. Mức độ ảnh hưởng từng vấn đề này lên diễn biến thủy văn thay đổi theo không gian và thời gian. Theo không gian, những nơi có lượng mưa ít cũng thường là nơi có lớp dòng chảy nhỏ và biến động nhiều. Ngược lại, những nơi có lượng mưa lớn có lớp dòng chảy dồi dào và ít biến động hơn. Theo thời gian, dòng chảy cũng được phân thành hai mùa rõ rệt, với mùa lũ thường chậm hơn mùa mưa từ 1-2 tháng và mùa kiệt trùng với mùa khô.

Những trở ngại lớn nhất hiện nay trong việc sử dụng nguồn nước các sông chính và các sông suối ở khu vực ven biển Đông là dòng chảy có sự phân hoá sâu sắc theo mùa, dẫn đến tình trạng lũ lụt trong mùa mưa và khô hạn trong mùa khô. Đối với khu vực hạ du, dòng chảy ở các sông, rạch chịu sự chi phối mạnh mẽ bởi triều biển Đông, nước mặn có điều kiện xâm nhập sâu vào các sông rạch, trở ngại cho việc sử dụng nước phục vụ cho sinh hoạt và sản xuất nông nghiệp, đặc biệt, nước bị ô nhiễm nặng ở những sông, rạch không có hoặc nguồn nước từ thượng nguồn chuyển về không đáng kể trong mùa khô.

3.3 Hiện trạng phát triển kinh tế - xã hội khu vực nghiên cứu

3.3.1 Tình hình phát triển xã hội.

Tổng dân số trên toàn lưu vực vào khoảng 1,6 triệu người (Tổng cục Thống kê, 2009), trong đó, dân cư thành thị chiếm khoảng 16 %. Dân cư tập trung chủ yếu ở các khu công nghiệp, khu kinh tế.

Bảng 3.4 Dân số phân theo đơn vị hành chính trên lưu vực sông Bé (năm 2009)

Tỉnh	Huyện	Dân số (người)
Đắc Nông	Tuy Đức	38.656
	Đắk R'lấp	74.087
Bình Phước	Tất cả	873.598
Bình Dương	Tân Uyên	204.825
	Bến Cát	192.818
	Phú Giáo	83.555
Đồng Nai	Vĩnh Cửu	124.912
Tổng số		1.592.451

3.3.2 Tình hình phát triển kinh tế.

Lưu vực sông Bé chảy qua địa phận bốn tỉnh thành Việt Nam bao gồm: Đắc Nông, Bình Phước, Bình Dương, Đồng Nai. Trong những năm gần đây tình hình kinh tế của các tỉnh này có sự tăng trưởng rõ rệt. Diễn hình như:

Đắc Nông : GDP tính theo giá hiện hành tăng ở mức cao (19,75%), Giá trị kim ngạch xuất khẩu ước đạt 370 triệu USD (kế hoạch 280 triệu USD) đạt 132% kế hoạch, tăng 42,3% so với nhiều năm trước; trong đó xuất khẩu trực tiếp ở địa phương là 106 triệu USD, nhập khẩu ước đạt 20 triệu USD, đạt 100% kế hoạch. Về đầu tư phát triển cơ sở hạ tầng: Đã nhựa hóa 88% đường tỉnh (kế hoạch 90%), tăng 7% so với thực hiện năm 2010, 67% đường huyện (kế hoạch 70%), tăng 2% so với 2010. Các chỉ tiêu nhựa hóa đường buôn/bon, đảm bảo nguồn nước tưới, tỷ lệ hộ sử dụng điện đều đạt kế hoạch đề ra. Số thôn, bon, buôn có điện lưới Quốc gia 98,45% (kế hoạch 100%); nguyên nhân qua rà soát còn 9 thôn/bon đã chia tách từ các năm trước nhưng chưa rà soát đánh giá.

Bình Dương: Tổng sản phẩm GDP của tỉnh ước tăng 14%; giá trị sản xuất công nghiệp tăng 17,8%; giá trị sản xuất nông nghiệp tăng 4,2%; giá trị dịch vụ tăng 26,4%, kim ngạch xuất khẩu tăng 21,1%. Hoạt động xuất khẩu tiếp tục đạt khá, chiếm tỷ lệ đáng kể trong kim ngạch xuất khẩu của cả nước. Ước kim ngạch xuất khẩu đạt 10 tỷ 342 triệu đô la Mỹ, tăng 21,1%. Toàn tỉnh có 1.670 doanh nghiệp xuất khẩu trực tiếp vào 193 nước và vùng lãnh thổ. Các mặt hàng xuất khẩu có giá trị xuất khẩu lớn như cao su, hàng điện tử, sản phẩm bằng gỗ, hàng dệt may... Kim ngạch nhập khẩu ước thực hiện 9 tỷ 126 triệu đô la Mỹ, tăng 24,7%.

Bình Phước: Tổng sản phẩm trong tỉnh (GDP) năm 2011 ước thực hiện 6.874,4 tỷ đồng, tăng 13 % so với cùng kỳ năm trước. Trong đó nông-lâm-thủy sản ước thực hiện 3.074,7 tỷ đồng, chiếm 44,7 %, tăng 7,1 %; Công nghiệp – Xây dựng ước thực hiện 1.975,5 tỷ đồng, chiếm 28,7%, tăng 26,2%; Thương mại – Dịch vụ ước thực hiện 1.824,2 tỷ đồng, chiếm 26,5%, tăng 10,8% so cùng kỳ năm trước. GDP bình quân đầu người ước 27,2 triệu đồng, tăng 26,5% so với năm 2010, sở dĩ GDP bình quân đầu người tăng cao là do trong năm giá cả một số loại nông sản như cao su, hồ tiêu, cà phê tăng cao, trong khi tỉnh Bình Phước là một trong những tỉnh có tỷ trọng nông nghiệp chiếm tỷ trọng lớn vì vậy góp phần làm tăng GDP của tỉnh.

Đồng Nai: Năm 2011 tình hình KT-XH mặc dù còn gặp nhiều khó khăn như: giá cả thị trường liên tục biến động, lãi suất cho vay của ngân hàng cao làm ảnh hưởng đến hiệu

quả SXKD, nhưng kinh tế của tỉnh tiếp tục tăng cao, ước đạt 13,32%, giá trị sản xuất các ngành đều tăng. Có 34/35 chỉ tiêu phát triển KT-XH đạt và vượt so với nghị quyết đề ra. Trong đó 06 chỉ tiêu vượt kế hoạch, gồm chỉ tiêu GDP bình quân đầu người của tỉnh đạt 1.789 USD. Giá trị sản xuất nông-lâm nghiệp và thủy sản tăng 3,9%; thu hút vốn đầu tư nước ngoài (FDI) đạt 900 triệu USD; tốc độ tăng kim ngạch xuất khẩu 9,8 tỷ USD (tăng 30,3% so với cùng kỳ); tổng vốn đăng ký kinh doanh; đặc biệt là tổng số sinh viên đại học, cao đẳng đạt 222 sinh viên/10.000 dân... 28 chỉ tiêu đạt kế hoạch. Lĩnh vực VH-XH, quản lý môi trường được quan tâm thực hiện. Công tác an ninh-quốc phòng trật tự được đảm bảo, tạo điều kiện tốt để KT-XH phát triển. Tuy nhiên, còn đó những hạn chế như: công tác bồi thường và giải phóng mặt bằng, xây dựng khu tái định cư chậm, ô nhiễm môi trường từ các khu công nghiệp, khu dân cư chậm khắc phục; tình hình SX-KD của nhiều doanh nghiệp còn gặp khó.

3.4 Tình hình quy hoạch thủy lợi trên lưu vực .

Trong khoảng 15 năm trở lại đây, các nghiên cứu quy hoạch theo lưu vực đã được thực hiện trên dòng chính lưu vực sông Đồng Nai nói chung và các lưu vực sông nhánh và các lưu vực sông ven biển nói riêng, đặc biệt là lưu vực sông Bé. Điển hình có các nghiên cứu quy hoạch sau đây:

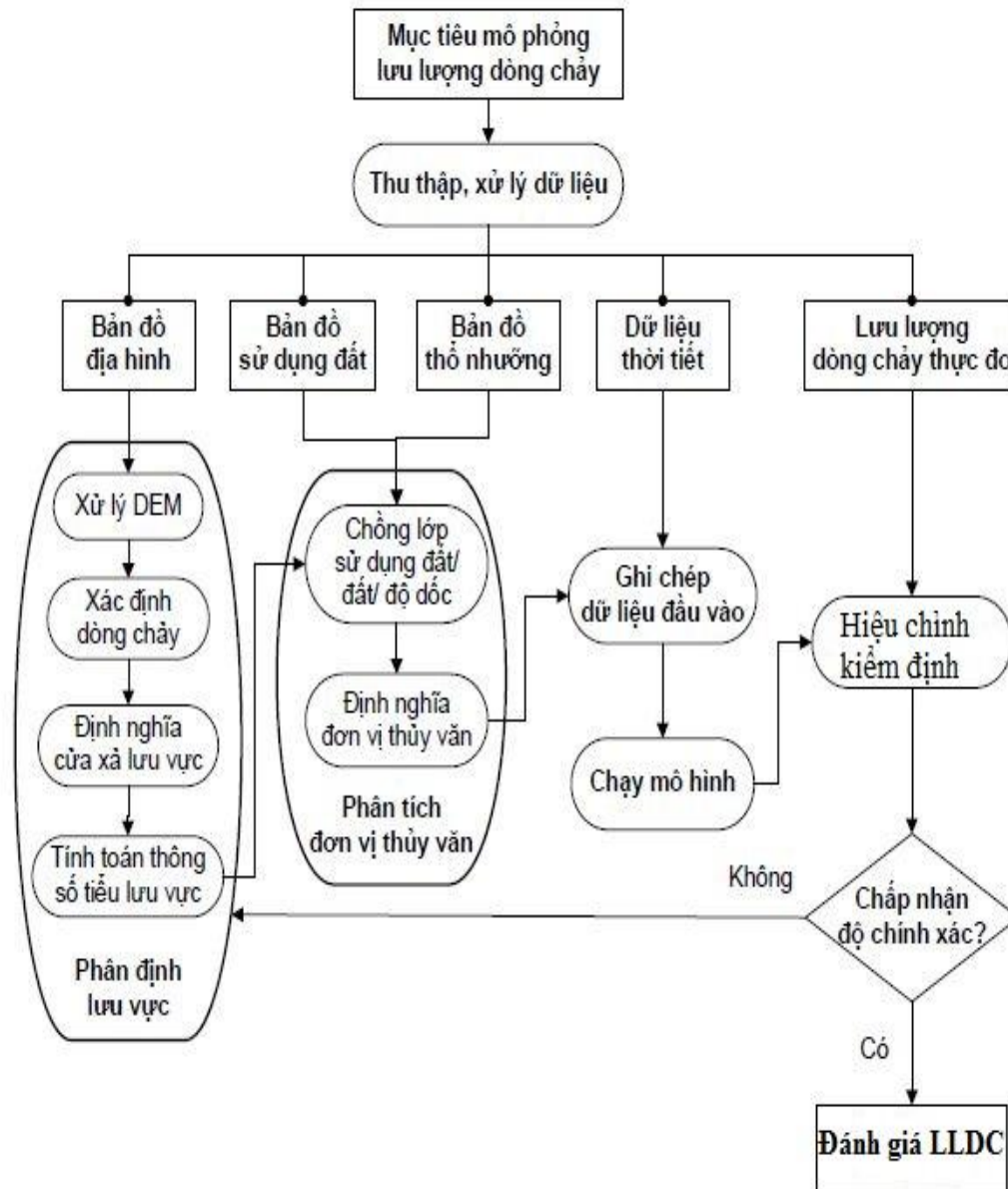
Quy hoạch tổng thể lưu vực sông Đồng Nai và vùng phụ cận ven biển do JICA thực hiện (Công ty Nippon Koei) năm 1994-1996 với Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam là có quan đối tác chính. Quy hoạch nhằm giải quyết nhóm vấn đề chính là: (1) Vấn đề phát triển tưới; (2) Vấn đề cấp nước, Vấn đề phát triển thủy điện và (4) Vấn đề chuyển nước khỏi lưu vực sang phía Đông (ven biển) và phía Tây (Long An).

Quy hoạch sử dụng tổng hợp nguồn nước lưu vực sông Bé do Viện Quy hoạch Thủy lợi miền Nam thực hiện từ 2000 – 2002. Quy hoạch đã nghiên cứu giải pháp thủy lợi và đề xuất danh mục công trình tại các sông suối nhỏ của lưu vực để phục vụ phát triển kinh tế xã hội của hai tỉnh Bình Dương và Bình Phước. Đặc biệt, quy hoạch đề nghị xây dựng công trình Phước Hòa trên sông Bé chuyển nước về hồ Dầu Tiếng để điều tiết nhằm nâng cao hiệu quả sử dụng tổng hợp của nguồn nước.

CHƯƠNG 4. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

4.1 Tiến trình thực hiện

Quá trình thực hiện đề tài nghiên cứu được tóm tắt trong sơ đồ tiến trình hình 4.1



Hình 4.1 Sơ đồ tiến trình thực hiện nghiên cứu

Trong quá trình thực hiện đề tài nghiên cứu bao gồm các bước chính sau:

Thu thập và xử lý dữ liệu bao gồm: Bản đồ địa hình (mô hình độ cao số DEM), bản đồ sử dụng đất/ thảm phủ, bản đồ thổ nhưỡng, dữ liệu thời tiết và lưu lượng dòng chảy tại các trạm quan trắc.

Bản đồ DEM, mạng lưới dòng chảy, các nút cửa xả phục vụ cho quá trình phân chia lưu vực.

Bản đồ sử dụng đất, bản đồ thổ nhưỡng, độ dốc được đưa vào mô hình. SWAT sẽ tiến hành kết nối các dữ liệu và chồng lớp, phân chia các tiểu lưu vực thành các HRUs.

Các dữ liệu thời tiết được ghi chép đầu vào cho mô hình SWAT để chạy mô phỏng quá trình hình thành dòng chảy và các tác động của dòng chảy đến các thành phần tự nhiên trong lưu vực.

Sau khi thu thập, xử lý dữ liệu đầu vào của SWAT, tiến hành chạy mô hình trong khoảng thời gian 1980 đến 1994. Và đưa dữ liệu lưu lượng dòng chảy thực đo ở cùng thời kỳ vào để đánh giá độ chính xác của kết quả mô phỏng. Nếu chỉ số 2 chỉ số NSE, PBIAS và R^2 nằm trong khoảng chấp nhận được thì tiến hành đánh giá lưu lượng dòng chảy, ngược lại không chấp nhận được thì tiến hành hiệu chỉnh và kiểm định mô hình.

4.2 Thu thập, xử lý dữ liệu.

4.2.1 Cấu trúc tổng quát của tập tin dữ liệu đầu vào và đầu ra của SWAT

Cấu trúc tổng quát của tập tin đầu vào của SWAT được thể hiện như Bảng 4.1 và 4.2

Bảng 4.1 Cấu trúc tổng quát của tập tin dữ liệu đầu vào của SWAT

Tập tin	Mô tả
file.cio	File quản lý lưu vực. File chứa tên của những file ở cấp độ lưu vực và những thông số liên quan đến việc in ấn.
.pcp	File dữ liệu mưa đầu vào. File này chứa số liệu lượng mưa đo theo ngày của những trạm đo mưa. Trên 18 file có thể sử dụng cho mỗi kịch bản và mỗi file chứa dữ liệu cho trên 300 trạm. File quản lý dữ liệu ở cấp độ tiểu

.tmp	File nhiệt độ không khí đầu vào. File này chứa số liệu nhiệt độ lớn nhất, nhỏ nhất theo ngày tại trạm đo. Trên 18 file có thể sử dụng cho mỗi kịch bản và mỗi file chứa dữ liệu cho trên 150 trạm. File quản lý dữ liệu ở cấp độ tiểu lưu vực.
.slr	File bức xạ mặt trời đầu vào. Chứa số liệu bức xạ Mặt trời theo ngày tại trạm đo. File này chứa dữ liệu cho trên 300 trạm. File quản lý dữ liệu ở cấp độ tiểu lưu vực.
.wnd	File tốc độ gió đầu vào, chứa số liệu tốc độ gió theo ngày tại trạm đo. File này chứa dữ liệu cho trên 300 trạm. File quản lý dữ liệu ở cấp độ tiểu lưu
.hmd	File độ ẩm tương đối đầu vào, chứa số liệu độ ẩm tương đối theo ngày tại trạm đo. File này chứa dữ liệu cho trên 300 trạm. File quản lý dữ liệu ở cấp độ tiểu lưu vực.
.pet	File khả năng bốc hơi, chứa số liệu khả năng bốc hơi theo ngày tại trạm đo. File quản lý dữ liệu ở cấp độ lưu vực.
.sub	File dữ liệu đầu vào của tiểu lưu vực, cung cấp thông tin về khí tượng, sự phân phối kênh nhánh, số lượng và loại HRU trên mỗi tiểu lưu vực.
.wgn	File dữ liệu đầu vào về trạm khí tượng, cung cấp thông tin về khí tượng, sự phân phối kênh nhánh, số lượng và loại HRU trên mỗi tiểu lưu vực.
.pnd	File dữ liệu đầu vào về hồ chứa.
.wwq	File dữ liệu đầu vào về CLN trong lưu vực. File này chứa thông số sử dụng cho mô hình QUAL2E.
.swq	File dữ liệu đầu vào về CLN. File này chứa thông số sử dụng cho mô hình QUAL2E tính toán lượng thuốc trừ sâu và di chuyển chất dinh dưỡng trong sông chính của tiểu lưu vực.
.hru	File dữ liệu đầu vào của HRU.
.sol	File dữ liệu đầu vào của đất, chứa thông tin về đặc điểm vật lý của các loại đất trong HRU.
.chm	File dữ liệu đầu vào của đất, chứa thông tin về đặc điểm hóa học của các loại đất trong HRU.
.gw	File dữ liệu đầu vào của nước ngầm, chứa thông tin về độ nông sâu của tầng ngầm nước.
.res	File dữ liệu đầu vào của hồ, chứa thông số để mô hình hóa quá trình bồi lắng trong hồ.
.lwq	File dữ liệu đầu vào của CLN hồ.

(J.G. Arnold, et al., 2013)

Bảng 4.2 Cấu trúc tổng quát của tập tin dữ liệu đầu ra của SWAT

Tập tin	Mô tả
.std	Tập tin thống kê số liệu đầu ra theo bước thời gian mô phỏng hàng ngày, hàng tháng hoặc hàng năm tại cấp độ lưu vực. Nó là tập tin đầu tiên người dùng nên kiểm tra để có hiểu biết cơ bản về nước, trầm tích, chất dinh dưỡng và thuốc trừ sâu của lưu vực sông. Giá trị trung bình lưu vực là tổng trọng số của các giá trị ở cấp độ HRU trước khi đi vào
.hru	Tập tin thống kê số liệu đầu ra tại cấp độ đơn vị thủy văn.
.sub	Tập tin thống kê số liệu đầu ra tại mỗi tiểu lưu vực trong lưu vực. Giá trị trung bình tiểu lưu vực là tổng trọng số của các giá trị ở các HRU trong tiểu lưu vực đó.
.rch	Tập tin thống kê số liệu đầu ra tại mỗi dòng chảy trên lưu vực.
.wql	Tập tin thống kê số liệu đầu ra về các thông số CLN tại mỗi tiểu lưu vực.
.sed	Tập tin thống kê số liệu đầu ra về trầm tích tại hồ chứa trên lưu vực.

(J.G. Arnold, et al., 2013)

4.2.2 Cấu trúc dữ liệu đầu vào

Trong mô hình SWAT yêu cầu dữ liệu đầu vào rất quan trọng, quyết định sự thành công hay thất bại của mô hình. Thông thường một đề tài nghiên cứu khoa học sẽ gồm có những dữ liệu cơ bản sau: Bản đồ DEM (mô hình độ cao số), bản đồ thảm phủ/ sử dụng đất, bản đồ thổ nhưỡng, các dữ liệu thời tiết: Lượng mưa theo ngày hoặc tháng, nhiệt độ, Ngoài ra tùy theo khả năng của đề tài, muốn tăng độ chính xác mô phỏng của mô hình thì còn có các dữ liệu thời tiết như: độ ẩm, tốc độ gió, bức xạ mặt trời.

Trong nghiên cứu này, đề tài đã sử dụng những dữ liệu đầu vào như : địa hình, sử dụng đất, thổ nhưỡng, thời tiết. Trước khi tiến hành chạy mô hình, tất cả những dữ liệu trên phải được xử lý theo đúng định dạng đầu vào theo yêu cầu của mô hình SWAT.

Dữ liệu địa hình

Mô hình độ cao số (Digital Elevation Model, DEM): ESRI GRID Format

Giá trị độ cao ở dạng số nguyên hoặc số thực cho các giá trị cao.

Đơn vị đo xác định độ phân giải GRID (X, Y) và độ cao (Z) có thể khác nhau. Ví dụ, độ phân giải GRID có thể là mét trong khi độ cao có thể là feet.

Độ phân giải GRID được xác định theo một trong các đơn vị sau đây: meters, kilometers, feet, yards, miles, decimal degrees.

Độ cao được xác định theo một trong các đơn vị sau đây: meters, centimeters, yards, feet, inches.

Dữ liệu sử dụng đất

Dữ liệu sử dụng đất trong mô hình SWAT rất quan trọng, thông thường sử dụng đất biến đổi theo thời gian và không cố định. Tùy thuộc vào kế hoạch phát triển kinh tế - xã hội của địa phương hay vùng thì sử dụng đất lại khác nhau. Hình thức sử dụng đất trong SWAT được phân chia thành hai nhóm chính sau:

Thực vật và các hoạt động canh tác nông nghiệp của con người: đất rừng, đất trồng lúa, đất trồng hoa màu...

Đô thị: khu dân cư, thương mại, công nghiệp, cơ quan và giao thông.

Bảng 4.3 Ý nghĩa các thông số trong bảng CropRng

Thông số	Mô tả
CPM	Bốn mã ký tự đại diện cho tên cây trồng, thực phủ.
IDC	Phân loại thực phủ.
BIO_E	Tỷ lệ sinh khối/ năng lượng.
HVSTI	Chỉ số thu hoạch.
BLAI	Chỉ số diện tích lá lớp nhất.
FRGRW1	Tỷ lệ giai đoạn sinh trưởng cây trồng tương ứng với điểm đầu tiên nằm trên đường cong phát triển diện tích lá tối ưu.
LAIMX1	Tỷ lệ chỉ số diện tích lá tối đa tương ứng với điểm đầu tiên nằm trên đường cong phát triển diện tích lá tối ưu.

FRGRW2	Tỉ lệ giai đoạn sinh trưởng cây trồng tương ứng với điểm thứ hai nằm trên đường cong phát triển diện tích lá tối ưu.
LAIMX2	Tỉ lệ chỉ số diện tích lá tối đa tương ứng với điểm thứ hai nằm trên đường

Thông số	Mô tả
DLAI	Tỉ lệ giai đoạn sinh trưởng của cây trồng từ khi diện tích lá bắt đầu suy giảm.
CHTMX	Chiều cao tán tối đa.
RDMX	Độ sâu rễ tối đa.
T_OPT	Nhiệt độ tối ưu cho sự phát triển của cây trồng.
T_BASE	Nhiệt độ không khí nhỏ nhất cho sự phát triển của cây trồng.
CNYLD	Tỉ lệ nitơ trong hạt.
CPYLD	Tỉ lệ photpho trong hạt.
BN1	Tỉ lệ nitơ trong cây trồng tại thời điểm nảy mầm.
BN2	Tỉ lệ nitơ trong cây trồng ở giữa giai đoạn trưởng thành.
BN3	Tỉ lệ nitơ trong cây trồng ở giai đoạn trổ thành.
BP1	Tỉ lệ phosphat trong cây trồng tại thời điểm nảy mầm.
BP2	Tỉ lệ phosphat trong cây trồng ở giữa giai đoạn trưởng thành.
BP3	Tỉ lệ phosphat trong cây trồng ở giai đoạn trưởng thành.
WSYF	Giới hạn dưới của chỉ số thu hoạch.
USLE_C	Giá trị nhỏ nhất của USLE C áp dụng cho thực phủ.
GSI	Độ dẫn khí tối đa (trong điều kiện hạn hán).
VPDFR	Thiếu hụt áp suất hơi nước tương ứng với độ dẫn khí tối đa được định nghĩa bởi FRGMAX.
FRGMAX	Tỉ lệ độ dẫn khí tối đa có thể đạt được ở một mức thiếu hụt áp suất hơi nước cao.
WAVP	Tốc độ suy giảm của việc sử dụng hiệu quả bức xạ trên một đơn vị tăng thiếu hụt áp suất hơi nước.
CO2HI	Nồng độ CO2 trong khí quyển.

BIOEHI	Tỷ lệ sinh khối trên năng lượng tương ứng với điểm thứ hai trên đường cong hiệu quả sử dụng bức xạ.
RSDCO_PL	Hệ số phân hủy của tàn dư cây trồng.
Cropname	Tên mô tả của cây trồng.
CN2	Giá trị đường cong dòng chảy SCS cho điều kiện độ ẩm II.
OV_N	Giá trị “n” cho dòng chảy mặt.
FERTFIELD	Nếu được chọn cây trồng này sẽ được bón phân.
ALAI_MIN	Chỉ số diện tích lá tối thiểu trong giai đoạn ngừng sinh trưởng.
BIO_LEAF	Tỉ lệ sinh khối của cây trồng chuyển đổi sang tàn dư.
MAT_YRS	Số năm cần thiết để cây trồng phát triển đầy đủ.
BMX_TREE	Sinh khối tối đa cho rừng.
EXT_COEF	Hệ số dập tắt ánh sáng.
CN2A	Giá trị đường cong dòng chảy SCS cho điều kiện độ ẩm II.
CN2B	Giá trị đường cong dòng chảy SCS cho điều kiện độ ẩm II.
CN2C	Giá trị đường cong dòng chảy SCS cho điều kiện độ ẩm II.
CN2D	Giá trị đường cong dòng chảy SCS cho điều kiện độ ẩm II.
DIEOFF	Phần sinh khối chết.

(J.G. Arnold et al., 2013)

Bảng 4.4 Ý nghĩa các thông số trong bảng UrbanRng

Thông số	Mô tả
URBNAME	4 mã ký tự cho sử dụng đất đô thị.
URBFLNM	Tên mô tả cho việc sử dụng đất khu đô thị.
FIMP	Tổng diện tích đất không thấm nước trong loại đất khu đô thị.
CURBDEN	Mật độ lề đường trong sử dụng đất đô thị.
URBCOEF	Hệ số làm sạch để loại bỏ các thành phần hình thành khu vực không thấm nước.
DIRTMX	Số lượng tối đa của các chất rắn cho phép xây dựng trên diện tích không thấm nước.
THALF	Số ngày lượng chất rắn được xây dựng trên diện tích không thấm nước.
TNCONC	Nồng độ nitơ trong lượng chất rắn lơ lửng từ khu vực không thấm

TPCONC	Nồng độ của photpho trong chất rắn lơ lửng từ khu vực không thấm
TNO3CONC	Nồng độ của nitrat trong chất rắn lơ lửng từ khu vực không thấm nước.
FCIMP	Tỉ lệ đất đô thị liên kết với các diện tích đất không thấm nước.
CN2	Giá trị đường cong dòng chảy SCS cho điều kiện độ ẩm II.
OV_N	Giá trị “n” cho dòng chảy mặt.
CN2A	Giá trị đường cong dòng chảy SCS cho điều kiện độ ẩm II.
CN2B	Giá trị đường cong dòng chảy SCS cho điều kiện độ ẩm II.
CN2C	Giá trị đường cong dòng chảy SCS cho điều kiện độ ẩm II.
CN2D	Giá trị đường cong dòng chảy SCS cho điều kiện độ ẩm II.

(J.G. Arnold et al., 2013)

Bản đồ sử dụng đất/thảm phủ ở định dạng ESRI GRID, Shapefile, Feature Class Format
Danh sách các loại hình sử dụng đất/thảm phủ cần phải được phân loại và biên tập theo cấu trúc dữ liệu đầu vào các loại cây trồng/thảm phủ theo quy định trong SWAT.

Phương pháp: Tạo bảng tra dưới định dạng ASCII (Text Document) gán các loại hình sử dụng đất/thảm phủ trên bản đồ tương ứng với các loại cây trồng/thảm phủ chứa 4 ký tự mã hóa trong SWAT (có trong bảng crop/urban trong SWAT2012.mdb).

Dữ liệu thổ nhưỡng

Đối với dữ liệu thổ nhưỡng trong mô hình SWAT, hai tính chất quyết định đến yếu tố đất là tính chất vật lý và hóa học. Tính chất vật lý của đất đóng vai trò trong việc di chuyển của nước và lan truyền không khí, điều đó tác động phần lớn đến chu trình nước trong HRUs. Tính chất hóa học có thể cho phép tùy ý hoặc không.

Phương pháp : Cũng giống như dữ liệu sử dụng đất, tạo bảng tra dưới định dạng ASCII (Text Document) gán các loại hình thổ nhưỡng trên bản đồ tương ứng với các loại hình đất chứa 4 ký tự mã hóa trong SWAT.

Bảng 4.5 Thông số đầu vào của dữ liệu thổ nhưỡng trong SWAT

Thông số	Mô tả
OID	ID duy nhất.
SUBBASIN	ID của tiểu lưu vực.

HRU	ID của HRU.
Thông số	Mô tả
LANDUSE	Mã sử dụng đất.
SOIL	Mã đất.
SLOPE_CD	Mã độ dốc.
SNAM	Tên đất.
NLAYERS	Số lượng lớp đất.
HYDGRP	Nhóm thủy văn đất (Soil hydrologic group): A, B, C, D.
SOL_ZMX	Độ sâu cực đại của lớp đất trong phạm vi khảo sát (mm).
ANION_EXC	Hầu hết các chất khoáng trong đất đều mang điện tích âm ở pH trung
SOL_CRK	Tỷ lệ thể tích lớn nhất khi bị nén/ tổng thể tích ban đầu.
TEXTURE	Kết cấu đất.
SOL_Z	Độ dày của từng lớp đất (mm).
SOL_BD	Dung trọng của lớp đất (g/cm ³).
SOL_AWC	Phạm vi nước hữu hiệu của đất (mm/mm).
SOL_K	Thấm bão hòa (mm/hr).
SOL_CBN	Hàm lượng carbon hữu cơ (%).
CLAY	Hàm lượng sét (%).
SILT	Hàm lượng thịt (%).
SAND	Hàm lượng cát (%).
ROCK	Hàm lượng đá (%).
SOL_ALB	Suất phản chiếu đất ẩm.
USLE_K	Hệ số xói mòn đất.
SOL_EC	Độ dẫn điện (dS/m).
SOL_CAL	Hàm lượng CaCO ₃ .
SOL_PH	pH đất.
LANDUSE	Mã sử dụng đất.
SOIL	Mã đất.
SLOPE_CD	Mã độ dốc.
SNAM	Tên đất.

NLAYERS	Số lượng lớp đất.
HYDGRP	Nhóm thủy văn đất (Soil hydrologic group): A, B, C, D.
SOL_ZMX	Độ sâu cực đại của lớp đất trong phạm vi khảo sát (mm).
ANION_EXC	Hầu hết các chất khoáng trong đất đều mang điện tích âm ở pH trung tính và có sự tương tác giữa lớp điện tích ngoài cùng với các anion
SOL_CRK	Tỷ lệ thể tích lớn nhất khi bị nén/ tổng thể tích ban đầu.
TEXTURE	Kết cấu đất.
SOL_Z	Độ dày của từng lớp đất (mm).
SOL_BD	Dung trọng của lớp đất (g/cm ³).
SOL_AWC	Phạm vi nước hữu hiệu của đất (mm/mm).
SOL_K	Thấm bão hòa (mm/hr).
SOL_CBN	Hàm lượng carbon hữu cơ (%).
CLAY	Hàm lượng sét (%).
SILT	Hàm lượng thịt (%).
SAND	Hàm lượng cát (%).
ROCK	Hàm lượng đá (%).
SOL_ALB	Suất phản chiếu đất ẩm.
USLE_K	Hệ số xói mòn đất.
SOL_EC	Độ dẫn điện (dS/m).
SOL_CAL	Hàm lượng CaCO ₃ .
SOL_PH	pH đất.

(J.G. Arnold et al., 2013)

Dữ liệu thời tiết

Như đề tài đã nói phía trên, dữ liệu thời tiết trong mô hình SWAT có số lượng rất lớn, quá trình biên tập dữ liệu đầu vào đòi hỏi phải chính xác để quá trình mô phỏng được diễn ra tốt. Đối với dữ liệu thời tiết cần có 2 bảng : bảng tọa độ trạm đo và bảng tra. Bảng tọa độ trạm đo bao gồm các trường thuộc tính như: Mã trạm (ID), Tên trạm, tọa độ (Lat, Long), Độ Cao (m). Bảng tra phải có tên và mã trạm giống với bảng tọa độ trạm đo để SWAT có thể tiến hành tra bảng dữ liệu. Quá trình biên tập 2 dữ liệu bảng này dưới dạng ASCII (Text Document)

Bảng 4.6 Các thông số đầu vào của dữ liệu thời tiết tổng quát

Tên	Mô tả
OID	ID duy nhất
SUBBASIN	ID tiểu lưu vực
STATION	Tên trạm thời tiết
WLATITUDE	Vĩ độ
WLONGITUDE	Kinh độ
WELEV	Độ cao
RAIN_YRS	Số năm tính toán
TMPMX	Nhiệt độ không khí lớn nhất trung bình trong tháng.
TMPMN	Nhiệt độ không khí nhỏ nhất trung bình trong tháng.
TMPSTDMX	Độ lệch chuẩn của nhiệt độ không khí lớn nhất trong tháng.
TMPSTDMN	Độ lệch chuẩn của nhiệt độ không khí nhỏ nhất trong tháng.
PCPMM	Lượng mưa trung bình trong tháng.
PCPSTD	Độ lệch chuẩn của mưa theo ngày trong tháng.
PCPSKW	Hệ số lệch của lượng mưa ngày trong tháng.
PR_W1_	Xác suất của một ngày ẩm ướt sau một ngày khô ráo trong tháng.
PR_W2_	Xác suất của một ngày ẩm ướt sau một ngày ẩm ướt trong tháng.
PCPD	Số ngày mưa trung bình trong tháng.
RAINHHMX	Lượng mưa nửa giờ lớn nhất trong tháng.
SOLARAV	Bức xạ mặt trời trung bình hàng ngày trong tháng.
DEWPT	Nhiệt độ điểm sương trung bình trong tháng.
WNDV	Tốc độ gió trung bình trong tháng.

(J.G. Arnold et al., 2013)

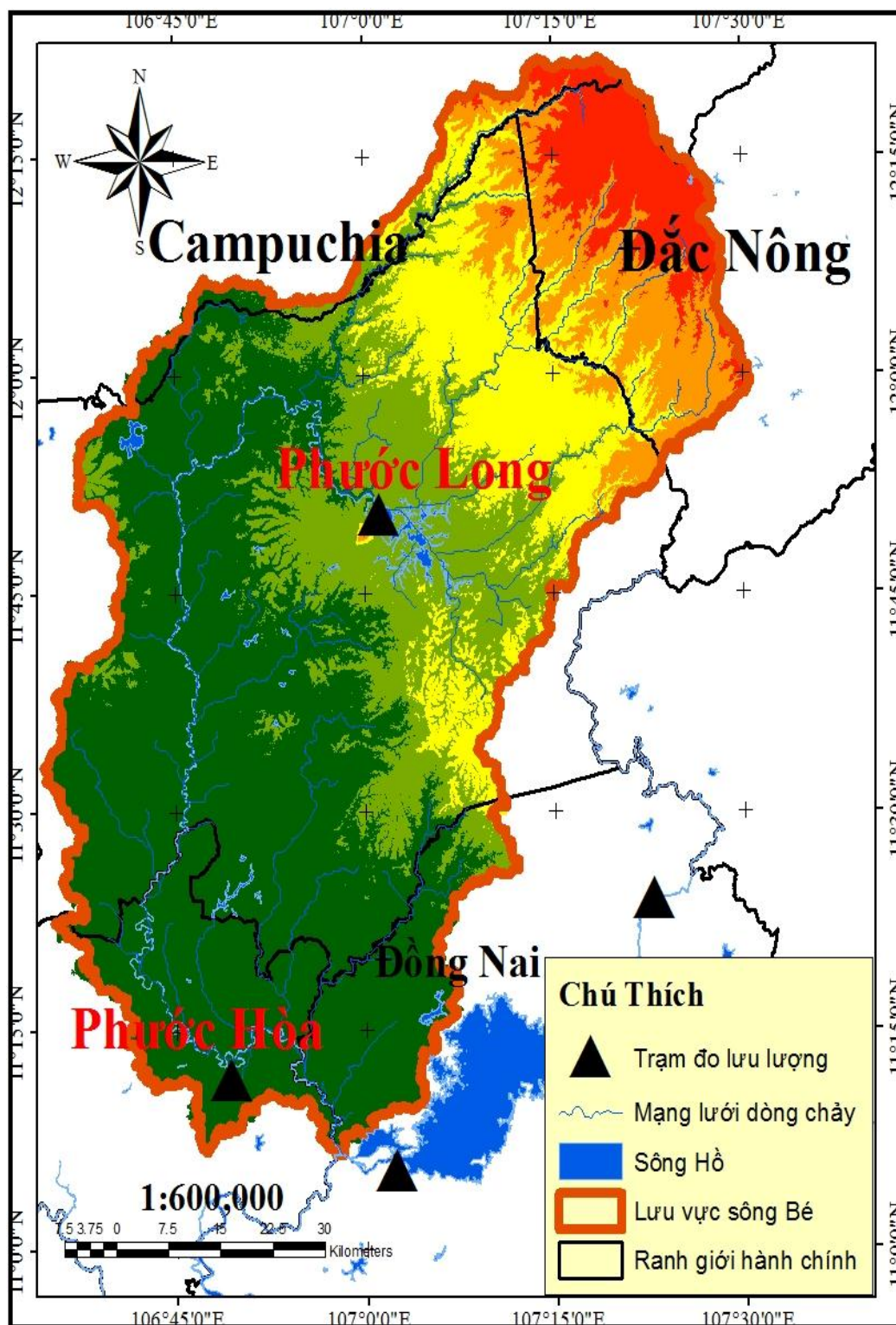
4.2.3 Thu thập dữ liệu lưu lượng dòng chảy thực đo.

Dữ liệu về lưu lượng dòng chảy thực đo được Phòng Quy Hoạch Đông Nam Bộ và Phụ cận thuộc Viện Quy Hoạch Thủy Lợi Miền Nam cung cấp. Trong nghiên cứu này, đề tài đã sử dụng dữ liệu tại 2 trạm quan trắc của lưu vực sông Bé là Trạm Phước Long và Phước Hòa trong giai đoạn 1980 – 1994. Vị trí các trạm quan trắc được thể hiện qua hình 4.2

Bảng 4.7 Các trạm quan trắc thủy văn trên lưu vực sông Bé

STT	Trạm đo	Vĩ độ	Kinh độ (0)	Cao độ (m)	Yếu tố đo đạc
1	Phước Long	11.2	106.82	230	Lưu lượng dòng chảy
2	Phước Hòa	11.84	107.02	50	Lưu lượng dòng chảy

(VQHTLMN)

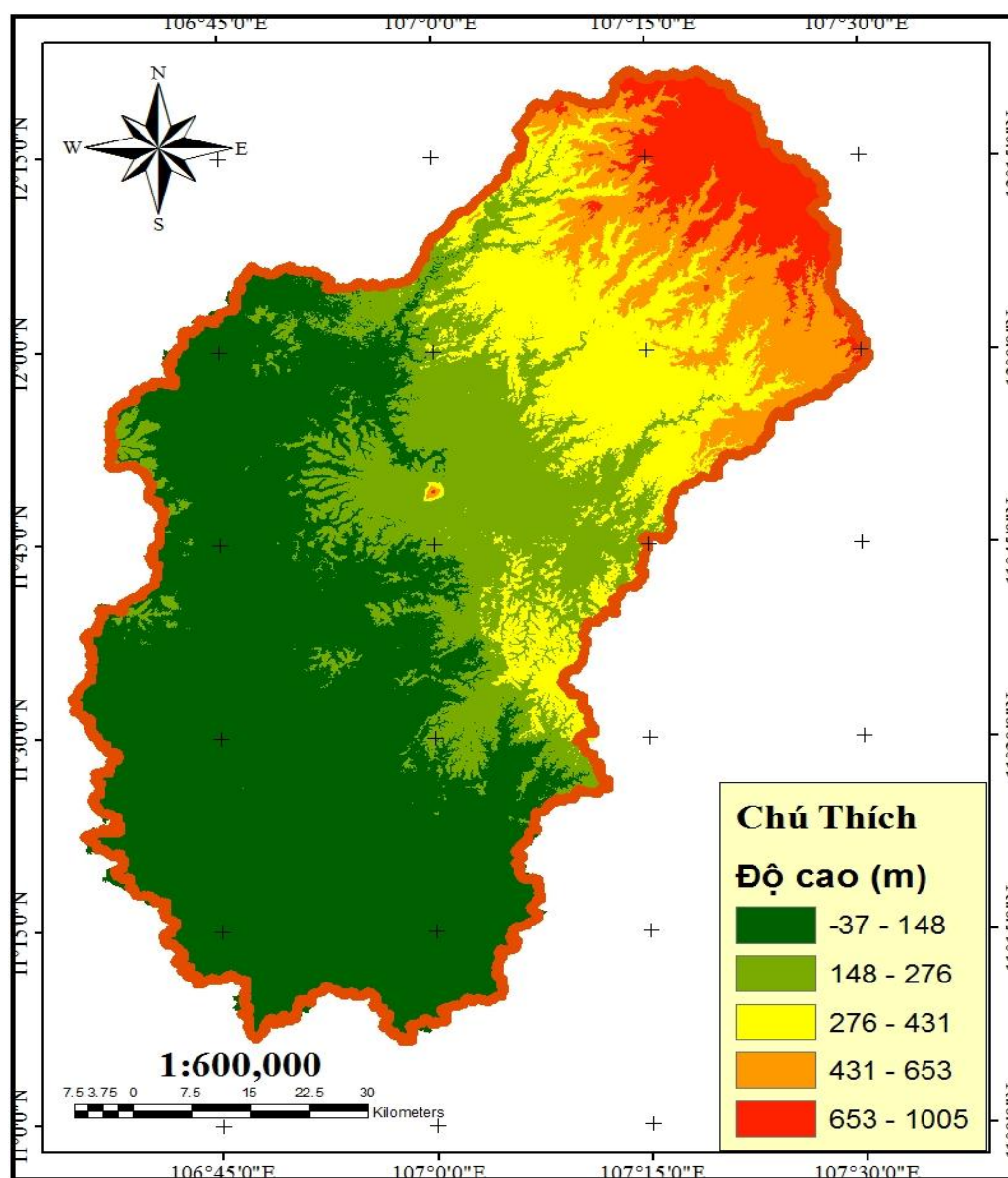


Hình 4.2 Bản đồ vị trí các trạm quan trắc LLDC tại lưu vực sông Bé

4.2.4 Xử lý dữ liệu đầu vào theo định dạng của SWAT

Dữ liệu địa hình.

Dữ liệu địa hình của lưu vực sông Bé được tải từ ASTER GDEM do NASA xây dựng, dữ liệu này được chụp từ ảnh vệ tinh ASTER có độ phân giải không gian 30m. Dữ liệu địa hình chuyển về hệ tọa độ WGS84 UTM múi chiếu 48 và cắt theo ranh giới lưu vực.

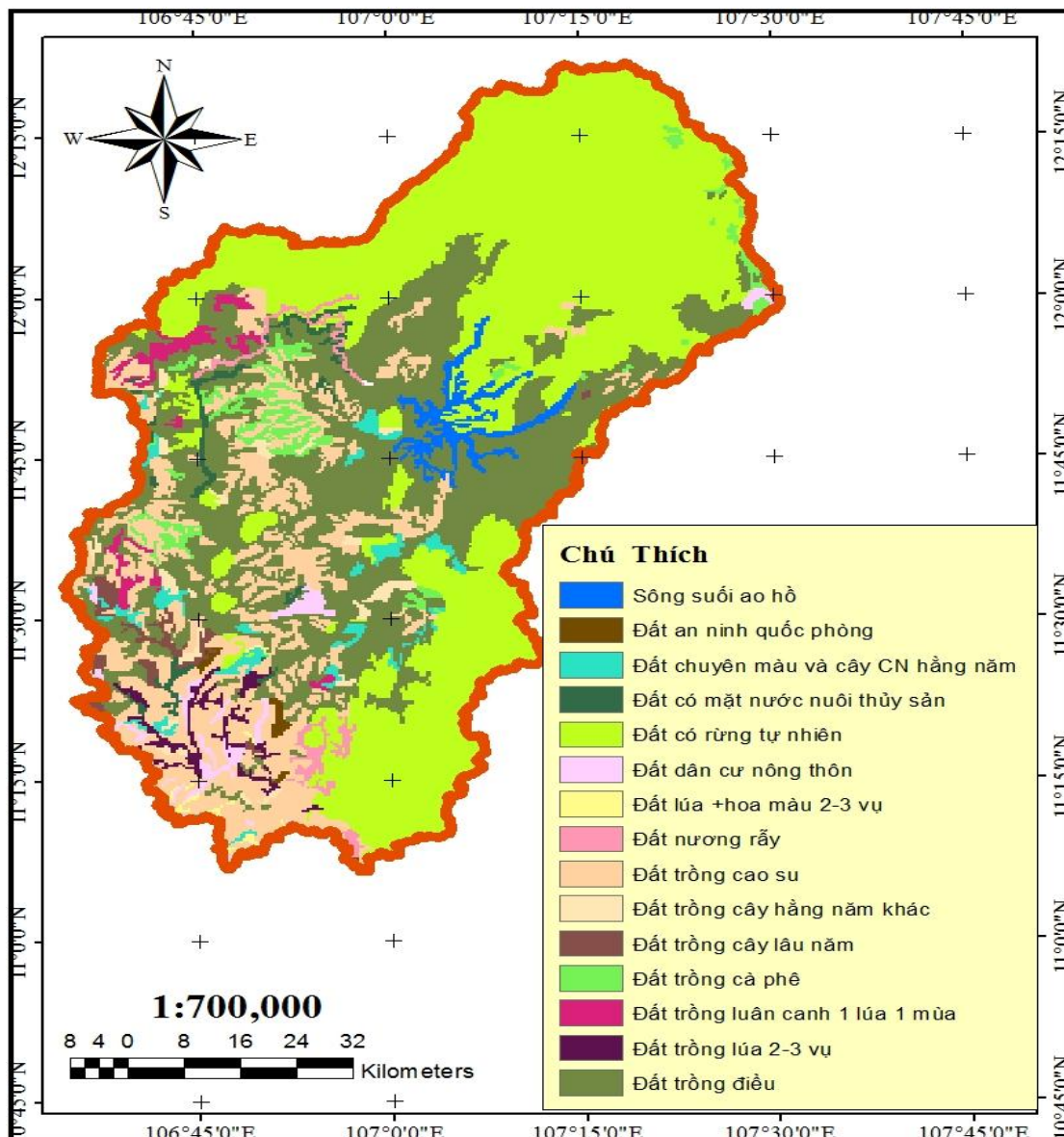


Hình 4.3 Bản đồ địa hình lưu vực sông Bé

Bản đồ cho thấy địa hình tại lưu vực sông Bé tương đối phức tạp, độ cao thay đổi từ 37 m đến 1005 m. cao ở phía Đông - Bắc và thấp dần về phía Tây.

Dữ liệu sử dụng đất

Bản đồ sử dụng đất năm 2000 với 15 loại hình sử dụng đất được cung cấp bởi Phòng Quy Hoạch Đông Nam Bộ và Phụ cận thuộc Viện Quy Hoạch Thủy Lợi Miền Nam. Đối với nghiên cứu này đề tài đã phân loại thành 11 loại hình sử dụng đất theo 2 bảng Crop và Uban trong SWAT, đồng thời dữ liệu sử dụng đất chuyển về hệ tọa độ WGS84 UTM múi chiếu 48 và cắt theo ranh giới lưu vực.



Hình 4.4 Bản đồ các loại hình sử dụng đất năm 2000 lưu vực sông Bé

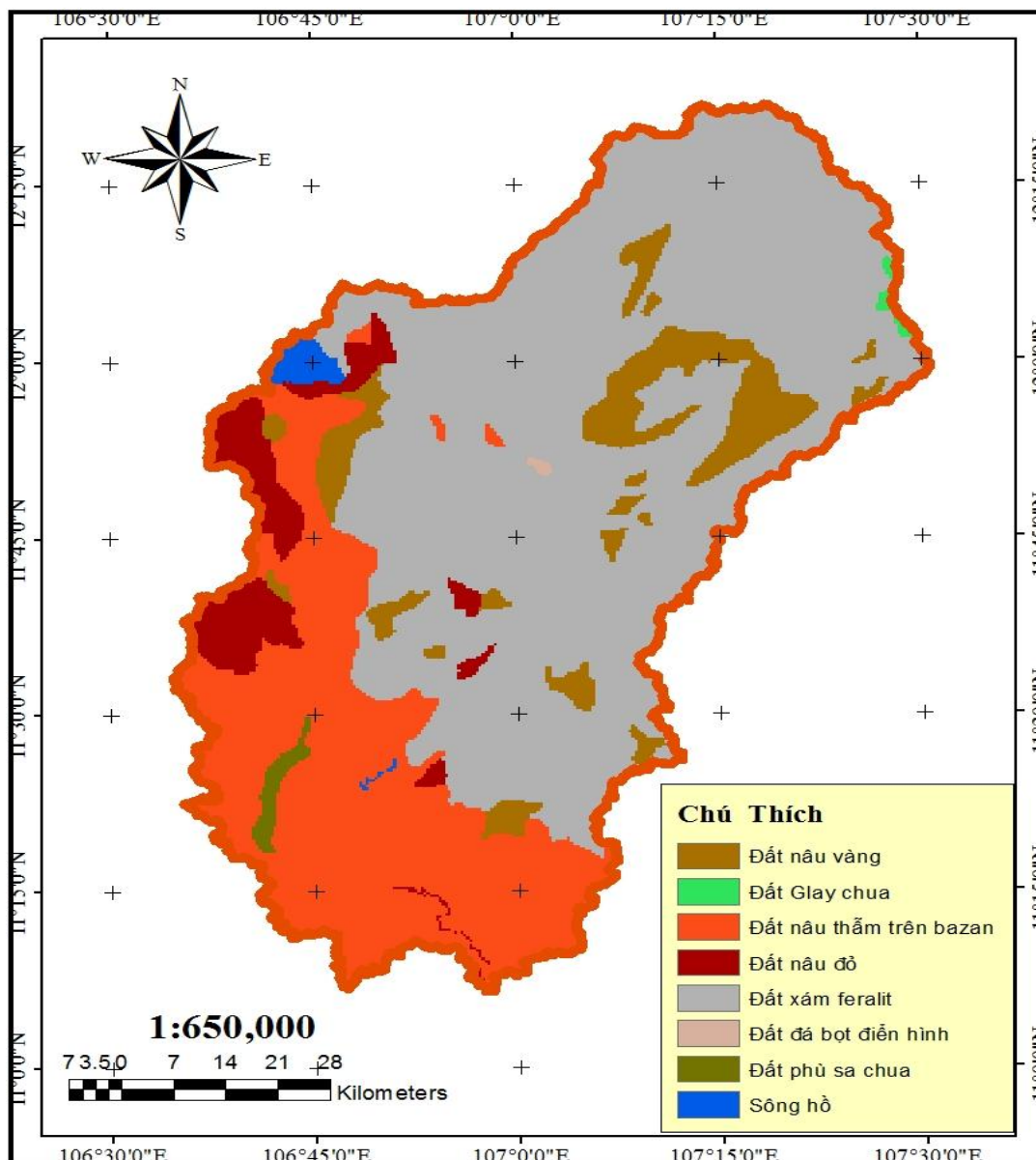
Hình 4.4 Bản đồ các loại hình sử dụng đất năm 2000 cũng cho thấy rằng đất có rừng tự nhiên chiếm phần lớn diện tích trên lưu vực sông Bé khoảng 42.7%, tiếp theo đến loại hình sử dụng đất trồng điều chiếm 28.25%, đứng thứ 3 là đất trồng cao su chiếm khoảng 14.98 diện tích của lưu vực, còn lại các loại hình sử dụng đất khác có diện tích chiếm khoảng nhỏ không đáng kể như : đất trồng cây café (2.49%), sông suối ao hồ (2.88%).

Bảng 4.8 Các loại hình sử dụng đất năm 2000 trên lưu vực sông Bé

STT	Tên Việt Nam	Tên theo SWAT	Mã SWAT	Diện tích (ha)	Diện tích (%)
1	Đất có rừng tự nhiên	Forest-Evergreen	FRSE	331040.42	42.70
2	Đất trồng cây lâu năm	Agricultural Land- Close-grown	AGRC	7072.6833	0.91
3	Đất trồng điều	Cashews	CASH	219021.22	28.25
4	Đất trồng cao su	Rubber Trees	RUBR	116172.35	14.98
5	Đất trồng cà phê	Coffee	COFF	19302.253	2.49
6	Đất chuyên màu và cây công nghiệp hàng năm	Agricultural Land- Row Crops	AGRR	20580.134	2.65
7	Đất lúa + màu 2-3 vụ	Rice	RICE	4.796,66	1.17
8	Đất trồng luân canh 1 lúa- 1 màu	Rice	RICE	10.775,40	2.63
9	Đất dân cư nông thôn	Residential	URBN	10368.455	1.34
10	Sông suối ao hồ	Water	WATR	11157.28	2.00
11	Đất có mặt nước nuôi thủy sản	Water	WATR	1517.25	0.88
12	Đất an ninh quốc phòng	Institutional	UINS	2112.6294	0.27
13	Đất nương rẫy	Agricultural Land- Generic	AGRL	8437.0101	1.09
14	Đất trồng cây hằng năm khác	Agricultural Land- Row Crops	AGRR	20580.134	2.65
15	Đất trồng lúa 2-3 vụ	Rice	RICE	4.956,88	2.07
Tổng				767361.8	100

Dữ liệu thổ nhưỡng

Bản đồ thổ nhưỡng năm 2000 với 8 loại hình sử dụng đất được cung cấp bởi Phòng Quy Hoạch Đông Nam Bộ và Phụ cận thuộc Viện Quy Hoạch Thủy Lợi Miền Nam. Đối với nghiên cứu này đề tài đã phân loại thành 8 loại hình sử dụng đất theo bảng Usersoil trong SWAT, đồng thời dữ liệu sử dụng đất chuyển về hệ tọa độ WGS84 UTM múi chiều 48 và cắt theo ranh giới lưu vực.



Hình 4.5 Bản đồ các loại đất năm 2000 lưu vực sông Bé

Dựa vào bản đồ các loại đất năm 2000 (Hình 4.5) có thể thấy được đất xám feralit chiếm diện tích lớn nhất 59.62 %, đất chiếm diện tích lớn thứ hai là đất nâu thẫm trên bazan với phần trăm diện tích là 25.62 %, các loại đất còn lại chiếm diện tích không đáng kể như: đất nâu vàng 7.89 %, đất nâu đỏ 5.15 %.

Bảng 4.9 Các loại đất năm 2000 trên lưu vực sông Bé

STT	Tên Việt Nam	Tên theo FAO74	Ký hiệu	Diện tích (ha)	Diện tích (%)
1	Đất phù sa chua	Dystric Fluvisol	Jd	4756.8860	0.61
2	Đất clay chua	Dystric Gleysol	Gd	1823.5739	0.24
3	Đất xám feralit	Ferric Acrisol	Af	462198.1969	59.62
4	Đất nâu đỏ	Rhodic Ferralsol	Fr	39936.8829	5.15
5	Đất nâu vàng	Xanthic Ferralsol	Fx	61177.2895	7.89
6	Đất nâu thẫm trên bazan	Chromic Luvisol	Lc	198669.1341	25.62
7	Đất đá bọt điển hình	Andosols	T	26.839,10	6,55
8	Sông hồ	Water	WATER	1.633,15	0,40
Tổng				768562	100

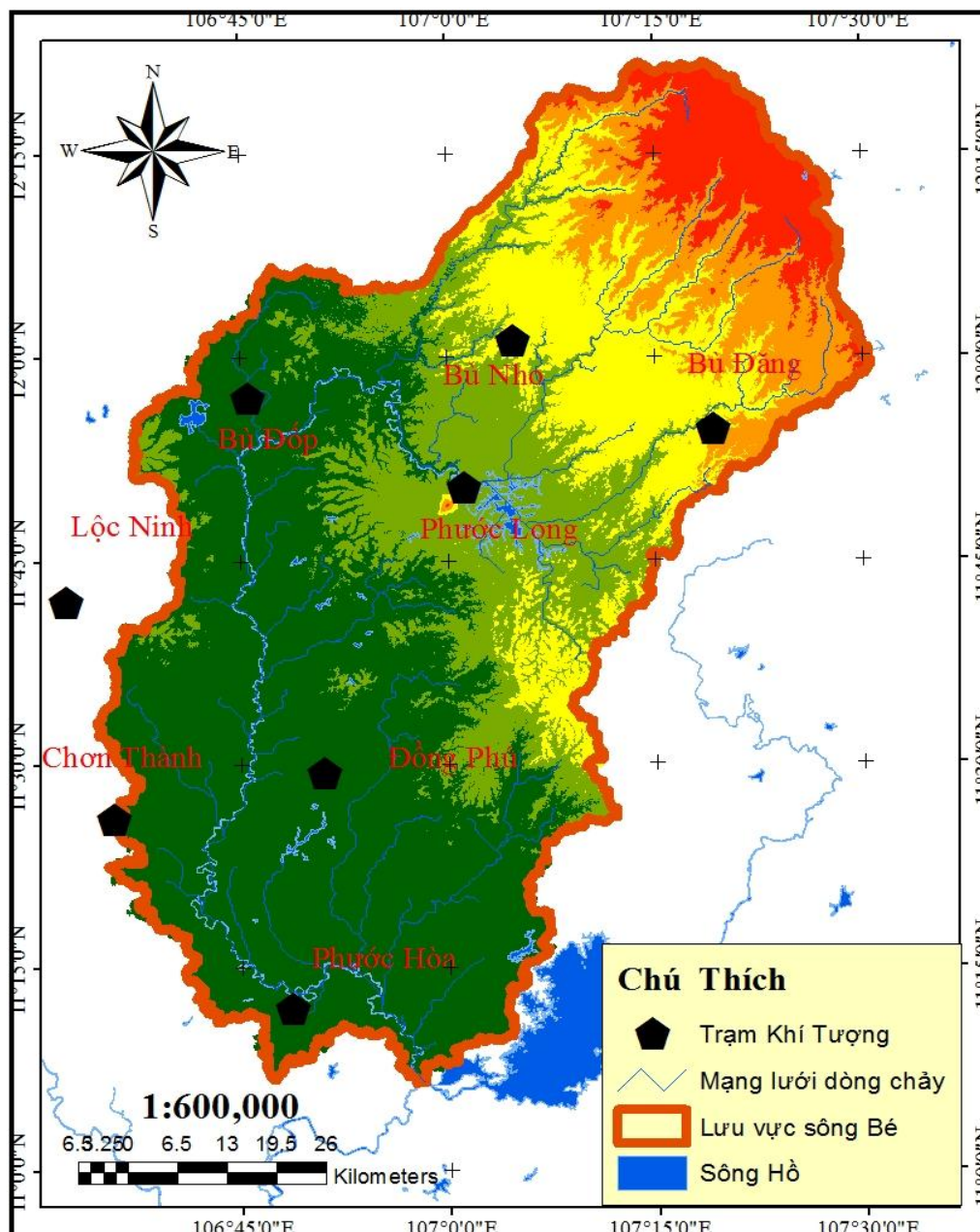
Dữ liệu thời tiết

Trong nghiên cứu này, đề tài đã sử dụng dữ liệu quan trắc tại 8 trạm đo trên lưu vực sông Bé, nguồn dữ liệu này được cung cấp từ Phòng Quy Hoạch Đông Nam Bộ và Phụ Cận thuộc Viện Quy Hoạch Thủy Lợi Miền Nam. Bộ dữ liệu thời tiết có khoảng thời gian 14 năm (1980-1994). Chi tiết được thể hiện ở bảng 4.10

Bảng 4.10 Đặc điểm địa lý và yếu tố đo đạc của các trạm quan trắc khí tượng.

STT	Trạm đo	Vĩ độ (0)	Kinh độ (0)	Cao độ (m)	Yếu tố đo đạc
1	Bù Đăng	11.91	107.32	450	P, T, S, W, D, H
2	Bù Đốp	11.95	106.76	0	P, S, W, D, H
3	Bù Nho	12.02	107.08	0	P, T, S, W, D, H
4	Chơn Thành	11.57	106.60	0	P, S, W, D, H
5	Lộc Ninh (Sông Bé)	11.70	106.54	760	P, S, W, D, H
6	Phước Long	11.84	107.02	230	P, S, W, D, H
7	Phước Hòa	11.20	106.81	50	P, S, W, D, H
8	Đồng Phú	11.49	106.85	120	P, S, W, D, H

Ghi chú: P (Lượng mưa), T (Nhiệt độ không khí), S (Bức xạ Mặt trời), W (Tốc độ gió), D (Điểm sương), H (Độ ẩm không khí).



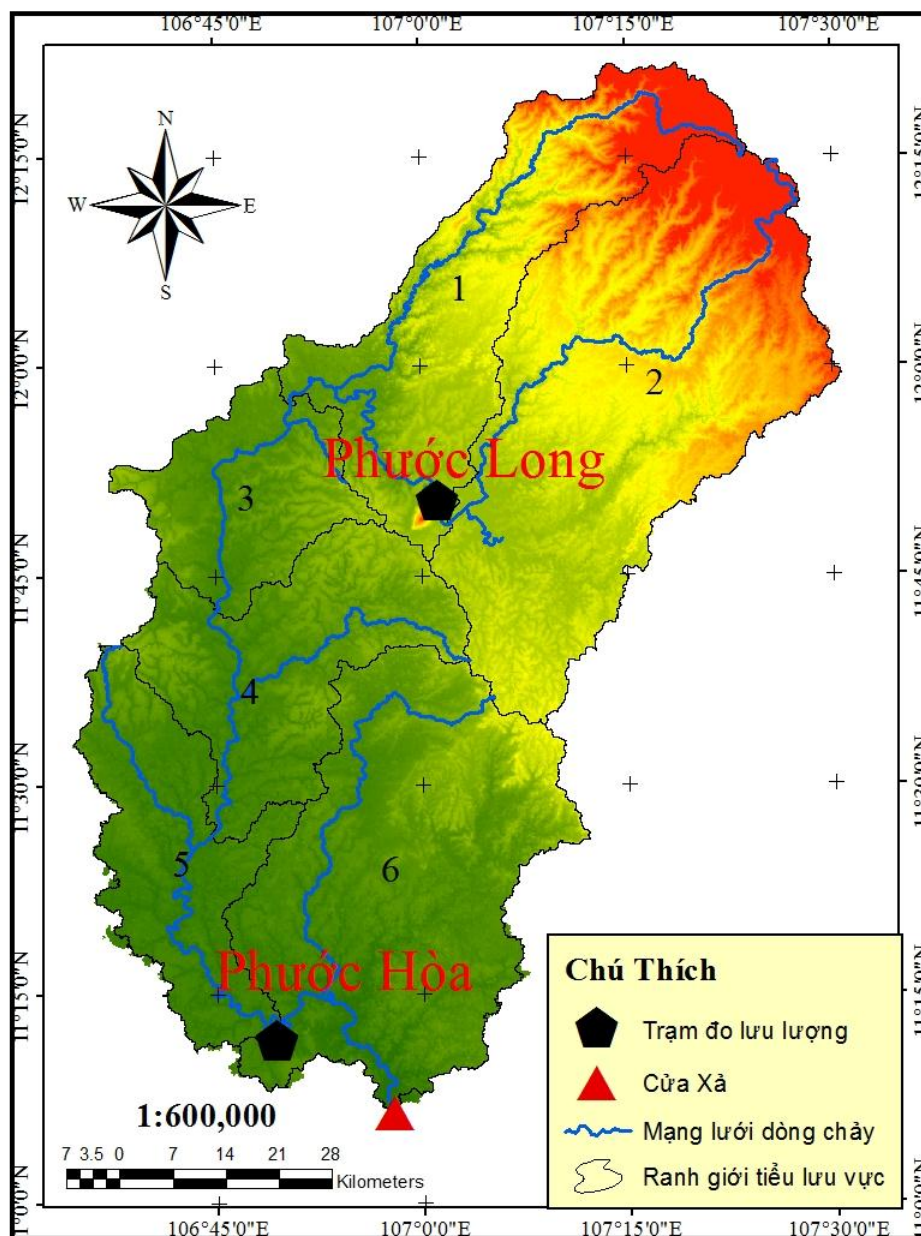
Hình 4.6 Bản đồ vị trí các trạm quan trắc khí tượng

4.3 Tiến trình chạy mô hình SWAT

4.3.1 Phân chia lưu vực

Trong quá trình phân chia lưu vực, dữ liệu DEM của lưu vực sông Bé được sử dụng. Dựa trên mô hình độ cao số DEM, mô hình tiến hành lấp đầy những vùng thấp trũng, xác định hướng dòng chảy, dòng chảy tích lũy, mô phỏng mạng lưới dòng chảy và tạo cửa xả. Trong quá trình phân chia lưu vực, đề tài đã xóa các cửa xả được tạo tự động để

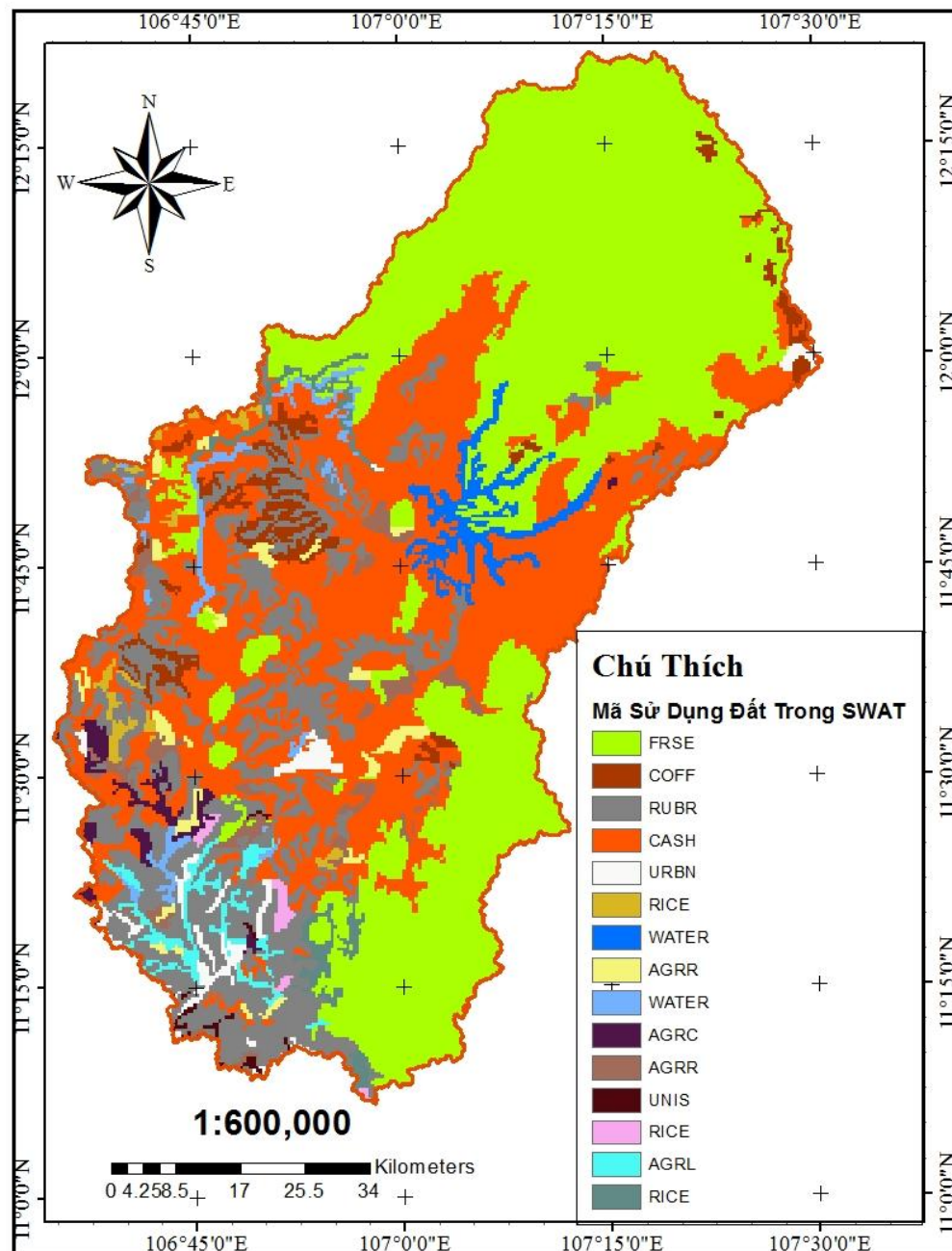
đưa vào 6 cửa xả, việc đưa vào các cửa xả riêng nhằm mục đích tăng độ chính xác cho quá trình mô phỏng, được thể hiện như hình 4.7



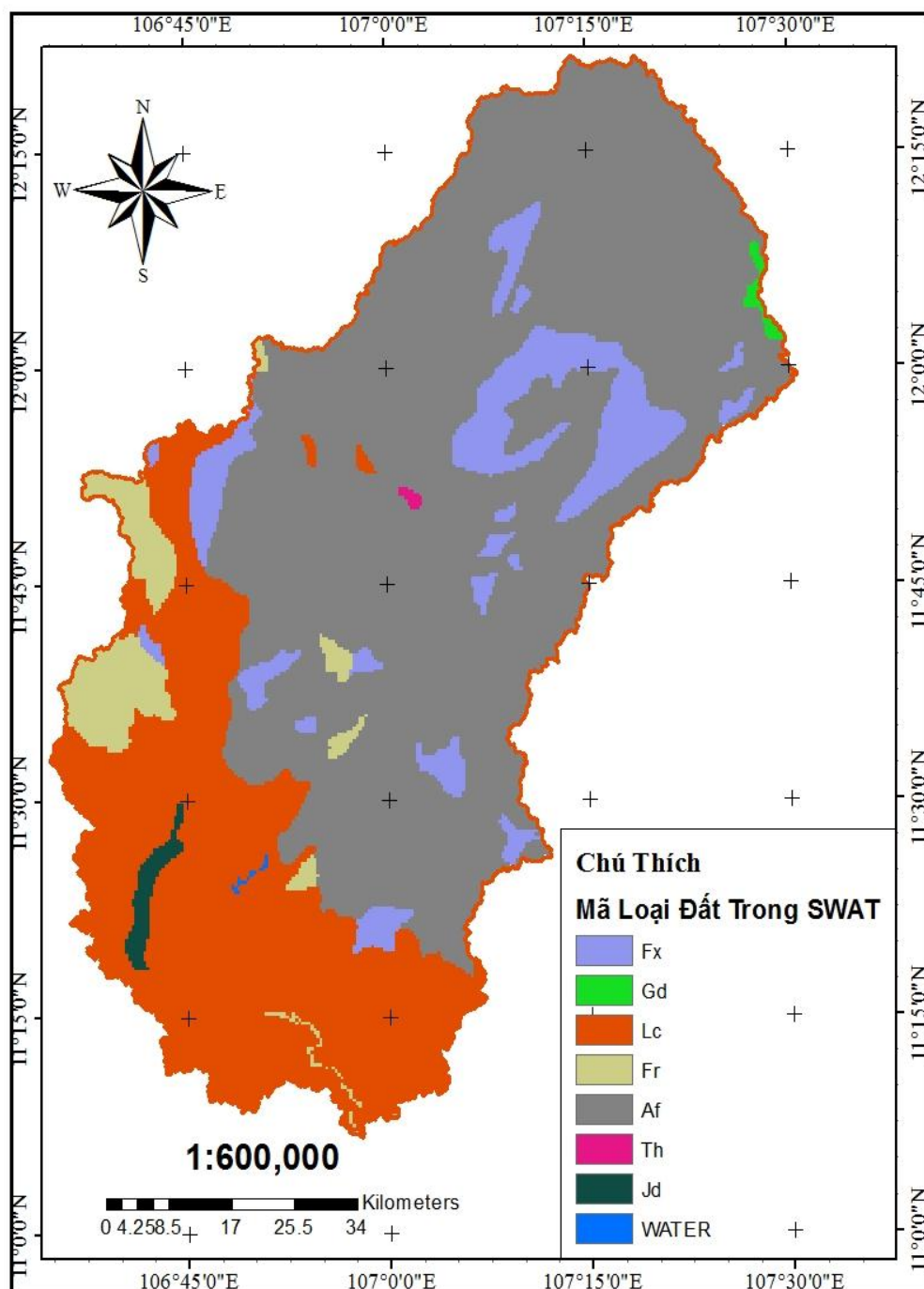
Hình 4.7 Bản đồ phân chia lưu vực sông Bé

4.3.2 Phân tích đơn vị thủy văn

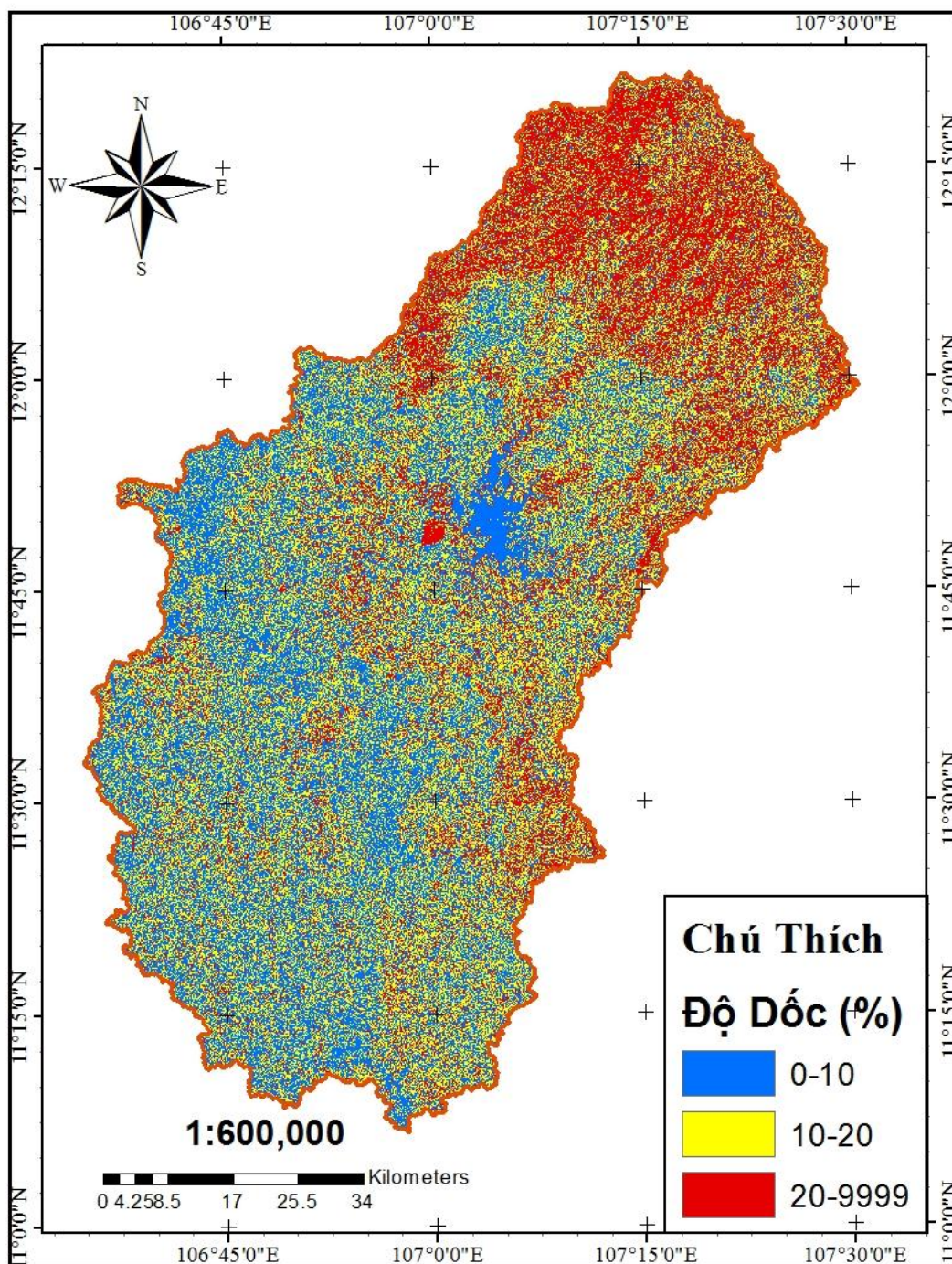
Sau khi phân chia lưu vực, bản đồ sử dụng đất và thổ nhưỡng được đưa vào SWAT giá trị độ dốc được phân chia thành 3 lớp. Tiếp theo, bản đồ sử dụng đất, đất và độ dốc được chồng lớp, cho ra kết quả là sự phân bố sử dụng đất, đất và độ dốc cho từng tiểu lưu vực. Các bản đồ sử dụng đất, thổ nhưỡng, độ dốc được thể hiện như hình 4.8, 4.9, 4.10



Hình 4.8 Bản đồ kết quả phân chia các loại hình sử dụng đất trong SWAT



Hình 4.9 Bản đồ kết quả phân chia mã loại đất trong SWAT



Hình 4.10 Bản đồ kết quả phân chia độ dốc trong SWAT

Bước cuối cùng trong phân tích đơn vị thủy văn là định nghĩa HRUs, trong đề tài nghiên cứu này sử dụng phương pháp gán nhiều HRU cho mỗi tiểu lưu vực quan tâm đến độ nhạy của quá trình thủy văn dựa trên giá trị ngưỡng cho sự kết hợp sử dụng đất/đất/độ

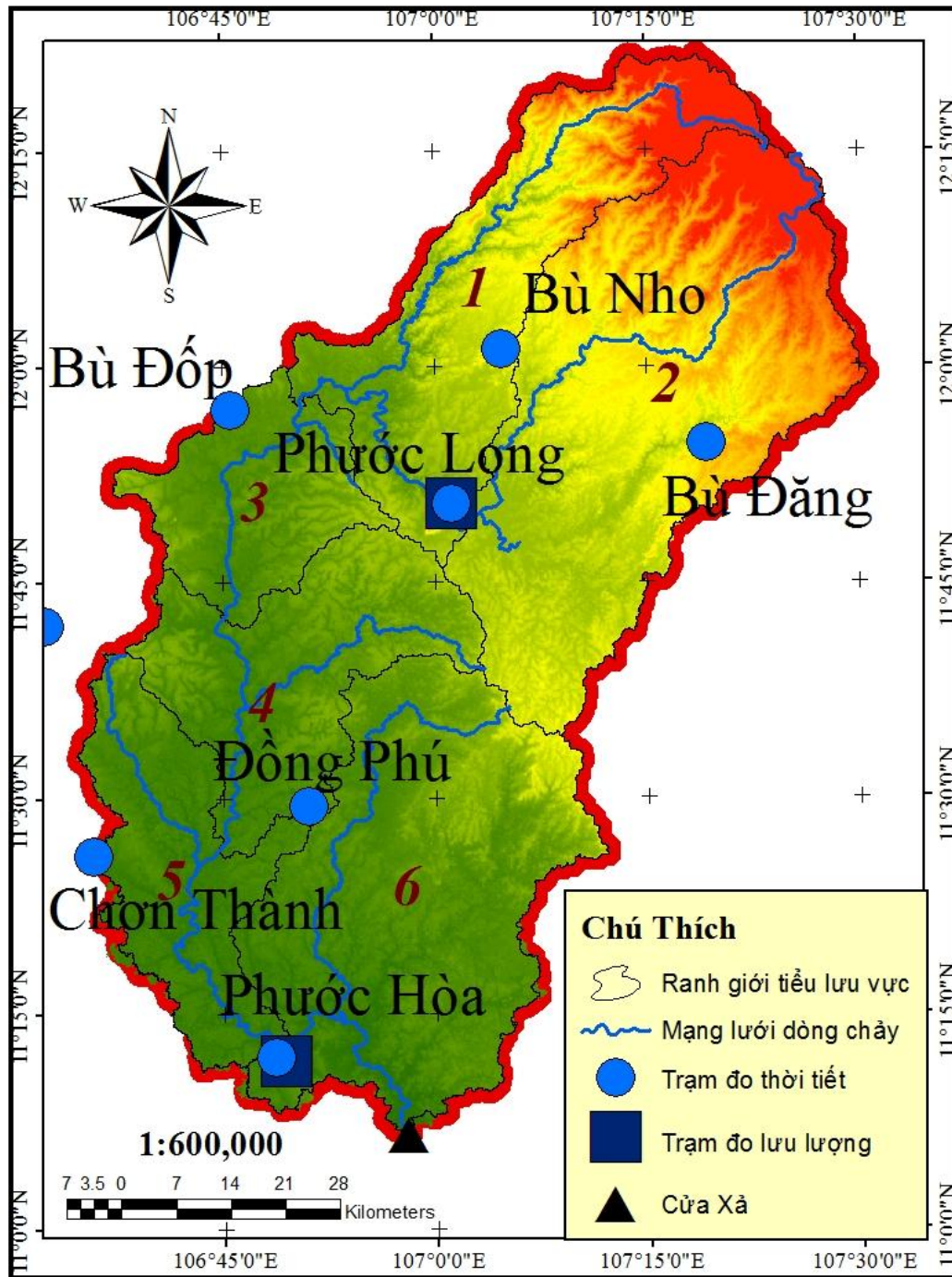
dốc. Giá trị ngưỡng 5 % được thiết lập cho sử dụng đất, loại đất và độ dốc để tối đa hóa số HRU trong từng tiểu lưu vực. Với giá trị ngưỡng này thì số HRUs được tạo ra là 167.

4.3.3 Nhập dữ liệu thời tiết

Dữ liệu thời tiết cần thiết cho mô hình SWAT bao gồm lượng mưa, nhiệt độ lớn nhất, nhỏ nhất, tốc độ gió, bức xạ Mặt trời. Những dữ liệu này có thể được đưa vào SWAT theo hai cách:

- Nguồn dữ liệu quan trắc hàng ngày trong quá khứ tại những trạm đo trên hoặc gần lưu vực. (a)
- Nguồn dữ liệu thống kê thời tiết hàng tháng mà sau đó SWAT sẽ mô phỏng dữ liệu theo ngày. (b)

Nguồn dữ liệu nghiên cứu được thu thập chi tiết theo từng ngày nên đề tài chọn theo cách (a). Trong nghiên cứu này, đề tài đã sử dụng dữ liệu quan trắc tại 8 trạm đo (Bù Đăng, Bù Đốp, Bù Nho, Chơn Thành, Lộc Ninh (Sông Bé), Phước Long, Phước Hòa, Đồng Phú) trên lưu vực sông Bé, nguồn dữ liệu này được cung cấp từ Phòng Quy Hoạch Đông Nam Bộ và Phụ Cận thuộc Viện Quy Hoạch Thủy Lợi Miền Nam. Bộ dữ liệu thời tiết có khoảng thời gian 14 năm (1980-1994). Kết quả như hình 4.11



Hình 4.11 Bản đồ kết quả gán trạm quan trắc khí tượng lưu vực sông Bé

4.3.4 Chạy mô hình SWAT

Sau khi đã thiết lập xong dữ liệu thời tiết, tiến hành ghi chép tất cả các tập tin đầu vào cho mô hình SWAT. Thiết lập thời gian mô phỏng theo tháng. Thời gian tính toán mô hình từ ngày 01/01/1980 đến 31/12/1994 (14 năm), mưa tuân theo phân bố lịch chuẩn.

4.3.4 Đánh giá mô hình

Giá trị trung bình, độ lệch chuẩn, hệ số xác định (R^2) (P. Krause *et al.*, 2005) và chỉ số Nash – Sutcliffe (NSI) (Nash, J.E. and J.V. Sutcliffe, 1970) được sử dụng để đánh giá độ chính xác của mô hình SWAT. Công thức tính R^2 và NSI được thể hiện lần lượt trong công thức (4.1) và (4.2).

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})(P_i - \bar{P})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (P_i - \bar{P})^2}} \right)^2 \quad (4.1)$$

$$NSI = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (O_i - P_i)^2}{\sum_{i=1}^n (O_i - \bar{O})^2} \quad (4.2)$$

Với O là giá trị thực đo (m^3/s), $\bar{O}$ là giá trị thực đo trung bình (m^3/s), $\bar{P}$ là giá trị mô phỏng (m^3/s), P là giá trị mô phỏng trung bình (m^3/s), n là số lượng giá trị tính toán.

Giá trị R^2 nằm trong khoảng từ 0 đến 1, thể hiện mối tương quan giữa giá trị thực đo và giá trị mô phỏng. Giá trị $R^2 > 0,5$ được coi là chấp nhận được. Với $R^2 > 1$ thể hiện mối tương quan cao (Santhi *et al.*, 2001, Van Liew *et al.*, 2003). Trong khi đó, chỉ số NSI chạy từ $-\infty$ đến 1, đo lường sự phù hợp giữa giá trị thực đo và giá trị mô phỏng trên đường thẳng 1:1. Giá trị $NSI > 0,5$ được coi là chấp nhận được. Với $NSI > 0,65$ thể hiện sự phù hợp cao và NSI nằm trong khoảng $0,54 < R^2 < 0,65$ thể hiện sự phù hợp tương đối cao (Saleh *et al.*, 2000, Sathi *et al.*, 2001).

Nếu R^2 , 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 những giá trị này bằng 1, thì kết quả mô phỏng của mô hình là hoàn hảo. Tuy nhiên, không có quy định thống nhất nào được xác định trong việc đánh giá kết quả mô phỏng từ các thông số thống kê này (C. Santhi *et al.*, 2001).

CHƯƠNG 5. KẾT QUẢ VÀ NHẬN XÉT

5.1 Đánh giá độ chính xác của kết quả mô phỏng LLDC (1980-1994)

Để đánh giá kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy của mô hình SWAT, đề tài nghiên cứu đã sử dụng số liệu quan trắc theo tháng tại hai trạm thủy văn là Phước Long và Phước Hòa. Mỗi trạm quan trắc được xem xét như là cửa xả của một tiểu lưu vực tương ứng. Theo đó, tiểu lưu vực Phước Long nằm ở vùng thượng lưu sông Bé, chiếm diện tích 108200.4359 ha; tiểu lưu vực Phước Hòa nằm ở vùng trung và hạ lưu sông Bé, nhận nước từ tiểu lưu vực Phước Long đổ vào, có diện tích là 70127.9758. Như vậy, tổng diện tích chung của hai tiểu lưu vực này xấp xỉ ha 178328.4117, chiếm 54.62 % diện tích lưu vực sông Bé.

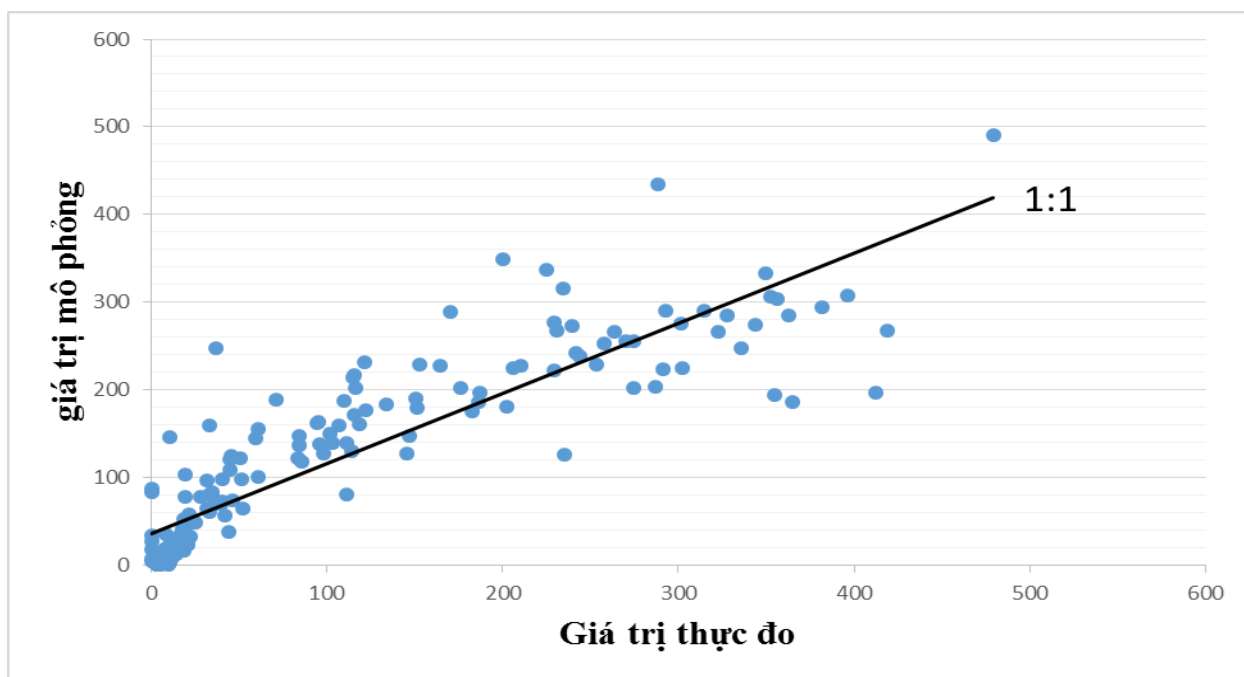
Trong nghiên cứu này, đề tài đã sử dụng chuỗi số liệu 14 năm (1980-1994) vì khoảng thời gian trên dòng chảy tại lưu vực sông Bé còn mang tính chất tự nhiên chưa bị tác động của con người, cụ thể là các hồ thủy điện như Thác Mơ, Cần Đơn, Sok Phu Miêng, Phước Hòa.

Kết quả sau khi chạy mô phỏng lưu lượng dòng chảy tại hai trạm Phước Long và Phước Hòa thuộc lưu vực sông Bé trong mô hình SWAT cho thấy hai giá trị R^2 và NSI đều trên 0.7, ngoài ra các giá trị mô phỏng đều cao hơn giá trị thực đo tại 2 trạm. Bảng 5.1

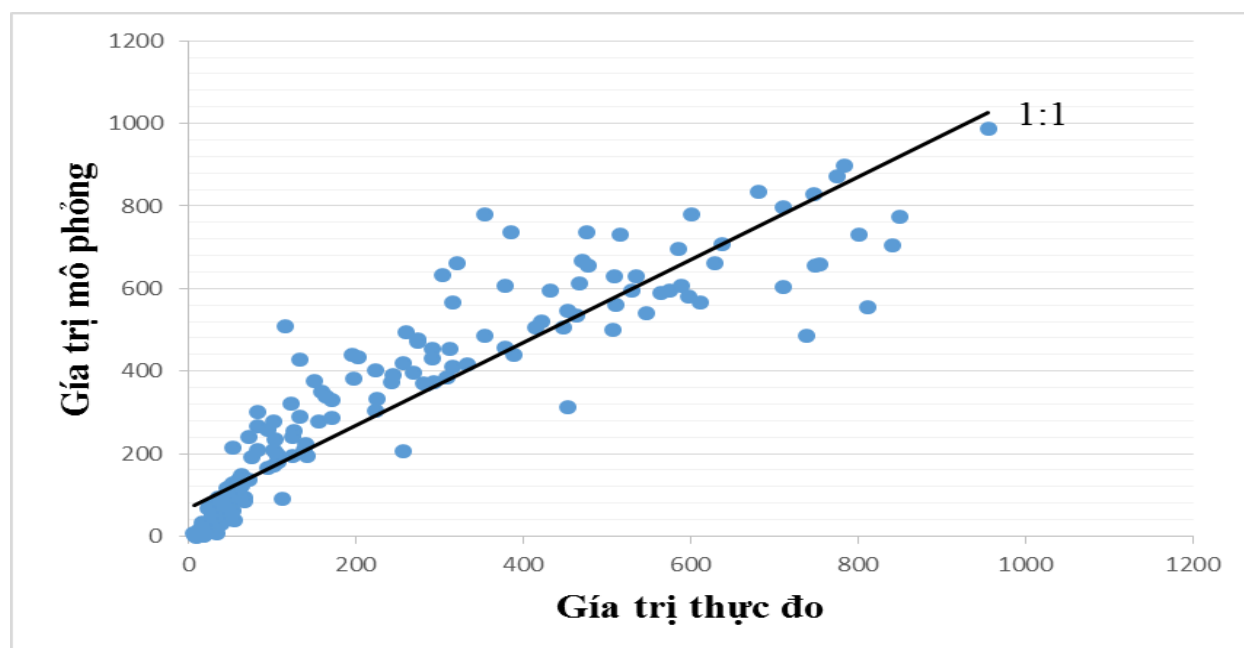
Bảng 5.1 Tổng hợp so sánh lưu lượng dòng chảy tháng 2 trạm Phước Long, Phước Hòa

Tiểu lưu vực	Phước Long	Phước Hòa
Giá trị thực đo trung bình	102.09	224.23
Giá trị mô phỏng trung bình	116.90	291.75
Hệ số xác định (R^2)	0.786	0.847
Chỉ số Nash – Sutcliffe (NSI)	0.771	0.738

Biểu đồ phân bố giá trị lưu lượng dòng chảy mô phỏng và thực đo tại hai trạm như Hình 5.2 và Hình 5.3 thể hiện giá trị mô phỏng khá tốt và tương đối phù hợp với giá trị thực đo trên đường thẳng 1:1



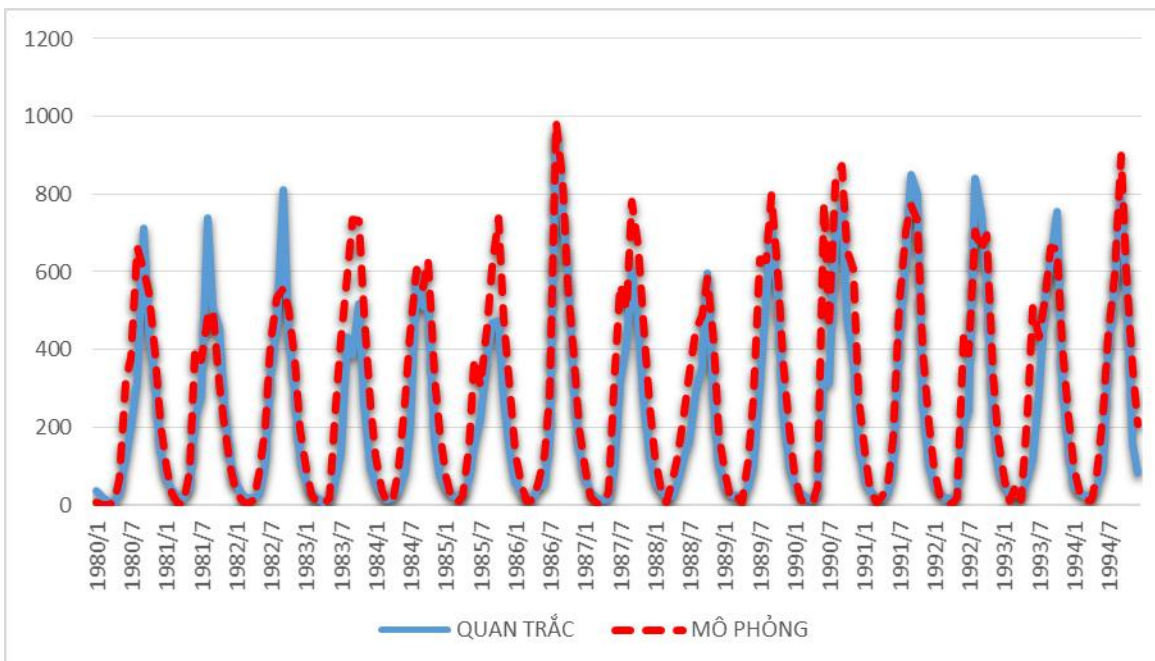
Hình 5.2 Phân bố lưu lượng dòng chảy mô phỏng và thực đo tại Phước Long



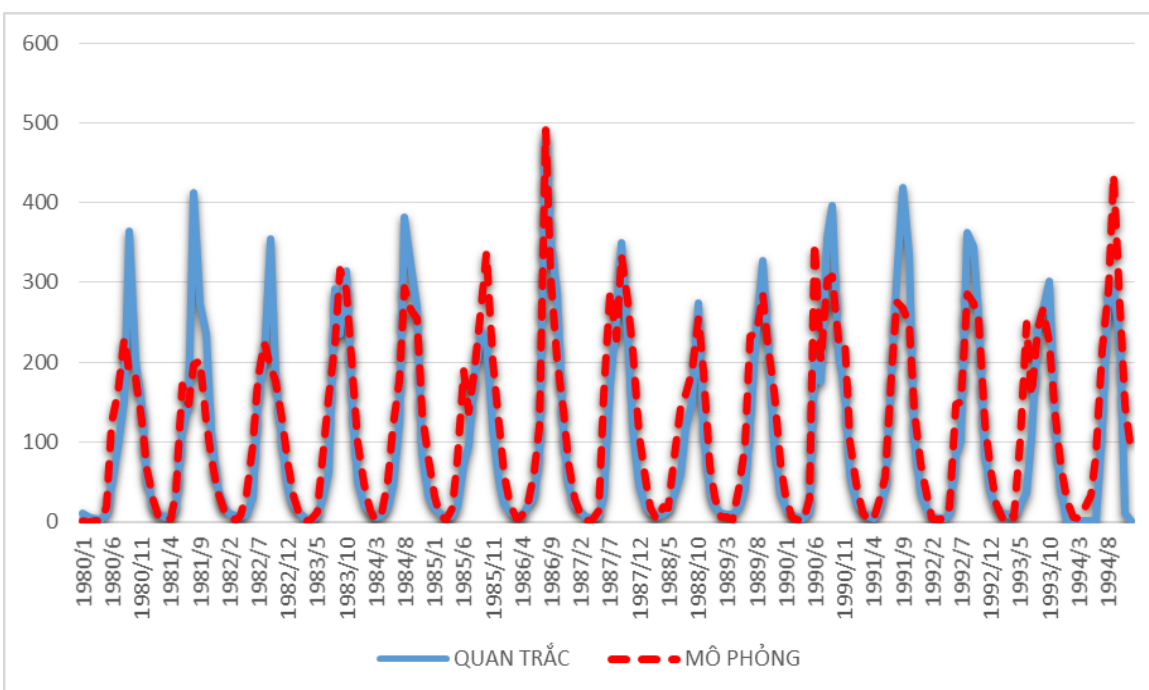
Hình 5.3 Phân bố lưu lượng dòng chảy mô phỏng và thực đo tại Phước Hòa

5.2 Đánh giá diễn biến lưu lượng dòng chảy.

Diễn biến lưu lượng dòng chảy tại Phước Hòa và Phước Long được thể hiện ở đồ thị hình 5.4 và hình 5.5



Hình 5.4 Đồ thị so sánh giá trị LLDC mô phỏng và thực đo tại Phước Hòa



Hình 5.5 Đồ thị so sánh giá trị LLDC mô phỏng và thực đo tại Phước Long

Dựa vào hình 5.4 và 5.5 có thể thấy được giá trị mô phỏng tại Phước Long và Phước Hòa so với giá trị thực đo gần sát nhau. Tại Phước Long, giá trị mô phỏng đa số thấp hơn giá trị thực đo, tuy nhiên vào mùa mưa lũ mô hình SWAT đã mô phỏng khá chính xác lưu lượng dòng chảy. Diễn biến dòng chảy vào mùa mưa tại Phước Long đạt đỉnh cao nhất vào tháng 9 năm 1986 với giá trị là $306.5 \text{ m}^3/\text{s}$ so với thực đo là $352.43 \text{ m}^3/\text{s}$. Tháng 9 năm 1994 giá trị mô phỏng cao hơn 2 lần giá trị thực đo, các giá trị lần lượt là : $434.3 \text{ m}^3/\text{s}$ và $288.52 \text{ m}^3/\text{s}$. Ngoài ra một số tháng tại Phước Long giá trị mô phỏng gần bằng hoặc cao hơn giá trị thực đo như : Tháng 10/1983, Tháng 8/1984, Tháng 11/1985, Tháng 7/1987, Tháng 10/1988, Tháng 8/1989, Tháng 11/1990, Tháng 10/1993.

So với Phước Long thì lưu lượng dòng chảy tại Phước Hòa cao gấp khoảng 2 lần, lý do bởi vì Phước Hòa nằm ở hạ lưu của lưu vực sông Bé nên chịu ảnh hưởng trực tiếp từ các tiểu lưu vực đổ xuống. Đối với Phước Hòa thì mô hình SWAT đã mô phỏng chính xác hơn lưu lượng dòng chảy, đặc biệt vào những tháng mưa lũ đa số giá trị mô phỏng luôn bằng với giá trị thực đo. Diễn hình như mùa lũ tháng 8/1986 lưu lượng dòng chảy đạt đỉnh $986.6 \text{ m}^3/\text{s}$, tiếp đến tháng 9 năm 1994 lưu lượng dòng chảy mô phỏng là $898 \text{ m}^3/\text{s}$. Ngoài những tháng có lưu lượng dòng chảy rất cao như trên thì vào mùa mưa lũ hằng năm giá trị lưu lượng dòng chảy luôn ở mức cao như : Tháng 7/1980, Tháng 7/1983, Tháng 7/1985, Tháng 8/1987, Tháng 8/1989, Tháng 7/1990, Tháng 8/1991, Tháng 8/1992.

Nhìn chung, mùa mưa tại hai tiểu lưu vực Phước Long và Phước Hòa thường kéo dài từ tháng 5 đến tháng 11. Giá trị mô phỏng trung bình lần lượt là $116.90 \text{ m}^3/\text{s}$ và $291.75 \text{ m}^3/\text{s}$. Giai đoạn tháng 7-8-9-10 hằng năm lưu lượng dòng chảy tăng cao và đây cũng là dấu hiệu cho thấy mùa lũ về. Tuy nhiên vào mùa hè, lưu lượng dòng chảy xuống thấp đạt $29.84 \text{ m}^3/\text{s}$ tại Phước Long và $58.72 \text{ m}^3/\text{s}$ tại Phước Hòa.

Qua những đánh giá trên, đề tài đã cho thấy lưu lượng dòng chảy tại Phước Long, Phước Hòa vào mùa mưa và mùa hè không tương đồng nhau, dẫn đến việc không điều tiết tốt lượng nước trên lưu vực từ đó ảnh hưởng trực tiếp đến nhu cầu cung cấp nước cho sinh hoạt và sản xuất của các hộ dân và doanh nghiệp đang sống và hoạt động trên lưu vực sông Bé.

CHƯƠNG 6. KẾT LUẬN VÀ ĐỀ XUẤT

6.1 Kết luận

Sau một khoảng thời gian nghiên cứu, đề tài đã đạt được những kết quả sau :

Ứng dụng mô hình SWAT đánh giá diễn biến lưu lượng dòng chảy tại lưu vực sông Bé trong giai đoạn 1980 – 1994, cụ thể đề tài đã thiết lập các thông số và tiến hành chạy mô hình.

Sử dụng số liệu lưu lượng dòng chảy thực đo (1980-1994) được cung cấp bởi Phòng Quy Hoạch Đông Nam Bộ và Phụ Cận thuộc Viện Quy Hoạch Thủy Lợi Miền Nam để đánh giá độ chính xác của kết quả mô phỏng lưu lượng dòng chảy. Theo đó, R^2 tại Phước Long và Phước Hòa đều tốt, các thông số R^2 lần lượt là 0.786 và 0.847. Các chỉ số NSI cũng phản ánh được quá trình mô phỏng khá tốt 0.771 tại Phước Long và 0.738 tại Phước Hòa.

6.2 Đề xuất

Sau quá trình thực hiện nghiên cứu, đề tài đã nhận thấy những điểm hạn chế như sau :

Mô hình SWAT là mô hình đòi hỏi các thông số đầu vào rất đa dạng và chi tiết. Vì thế trong cơ sở dữ liệu đầu vào của đề tài chưa đáp ứng được hết yêu cầu của mô hình. Dẫn đến độ chính xác của quá trình mô phỏng chưa đạt được theo mong muốn của tác giả.

Mặc dù các thông số đều đạt được trong khoảng cho phép, nhưng để tăng thêm độ chính xác của quá trình mô phỏng cần cải thiện thêm các thông số ảnh hưởng đến lưu lượng dòng chảy.

Với những đánh giá diễn biến lưu lượng dòng chảy trên, đề tài hy vọng sẽ giúp đỡ phần nào cho các nhà quản lý, các nhà hoạch định trong việc quy hoạch và sử dụng tài nguyên nước trên lưu vực theo hướng phát triển bền vững. Đồng thời hạn chế tình trạng lũ quét cũng như ngập úng nhằm đem lại hiệu quả trong sản xuất nông nghiệp của người dân.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

Tiếng Việt

Nguyễn Kim Lợi, Lê Cảnh Định, Trần Thống Nhất, 2009. *Hệ thống thông tin địa lý nâng cao*. NXB Nông Nghiệp TPHCM

Hà Văn Khôi, 2005. *Giáo trình Quy hoạch và quản lý nguồn nước*. NXB Nông nghiệp, Hà Nội.

Lê Mạnh Hùng, 12/2012, Kết quả ứng dụng mô hình SWAT trong tính toán xói mòn bề mặt lưu vực hạ lưu sông Mekong, tạp chí khoa học công nghệ và thủy lợi.

Nguyễn Kim Lợi và Nguyễn Hà Trang, 2009. Ứng dụng mô hình SWAT đánh giá lưu lượng dòng chảy và bồi lắng tại tiểu lưu vực sông La Ngà, *Kỷ yếu Hội thảo Khoa học Thủy sản Toàn quốc 2009*.

Nguyễn Ý Như và Nguyễn Thanh Sơn, 2009. Ứng dụng mô hình SWAT khảo sát ảnh hưởng của các kịch bản sử dụng đất đối với dòng chảy lưu vực sông Bến Hải. *Tạp chí Khoa học Đại học Quốc gia Hà Nội, Khoa học Tự nhiên và Công nghệ* 25, Số 3S (2009), tr. 492-498.

Nguyễn Thanh Tuấn, 2011. *Ứng dụng công nghệ GIS và mô hình SWAT đánh giá chất lượng nước lưu vực hồ Dầu Tiếng*, Khóa luận Tốt nghiệp, Trường Đại học Nông Lâm Tp. Hồ Chí Minh.

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.

Nguyễn Vũ Huy, “*Báo cáo quy hoạch sông ngòi lưu vực sông Đồng Nai và phụ cận*”, 2011. Tập san kỉ niệm 35 năm VQHTLMN

VQHTLMN, 2006. *Cơ sở khoa học mô hình tính toán trong quản lý và khai thác tài nguyên nước tỉnh Đồng Nai*. Dự án nghiên cứu KHCN “Nghiên cứu đánh giá tổng hợp, hiện trạng khai thác phục vụ quy hoạch và quản lý tài nguyên nước mặt tỉnh Đồng Nai”.

Tiếng Anh

John G. Lyon, 2003. *GIS for Water Resources and Watershed Management*. Taylor & Francis, New York, USA.

S.L. Neitsch *et al.*, 2012. Soil and Water Assessment Tool theoretical documentation version 2012.

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

Le Bao Trung, 2005. *An application of Soil and Water analysis tool (SWAT) for Water Quality of Upper Cong watershed, Vietnam*. MSc thesis, Asian Institute of Technology.

C. Santhi *et al.*, 2001. Validation of the SWAT model on a large river basin with point and nonpoint sources. *Journal of the American Water resources Association*, 37 (5): 1169-1188.

Wang, J.J., Lu, X.X., Kumm, M. 2009. *Sediment Load Estimates and Variations in the Lower Mekong River. River Research and Applications*. John Wiley & Sons, Ltd.

Hiroaki Somura, Yasumishi Yone, Yasushi Mori, Erina Takahashi, 2013. *Evaluation small watersheds inflowing Lake Shijni against the water environment*. 2013 SWAT conference

Williams, J.R., 1975. *Sediment routing for agricultural watersheds*, *Water Resour. Bull.*, Vol.11(5), pp. 965-974.

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