

ĐÁNH GIÁ KHẢ NĂNG KHAI THÁC ẢNH VỆ TINH QUANG HỌC MIỄN PHÍ PHỤC VỤ GIÁM SÁT LỚP PHỦ MẶT ĐẤT TẠI VIỆT NAM

**Phạm Văn Duẩn¹, Lê Sỹ Doanh¹, Vũ Thị Thìn¹, Nguyễn Văn Thị¹
Hoàng Văn Khiên¹, Phạm Tiến Dũng², Đinh Văn Tuyền³**

¹*Trường Đại học Lâm nghiệp*

²*Viện Khoa học Lâm nghiệp*

³*Bộ Nông nghiệp và Phát triển nông thôn*

TÓM TẮT

Việc kết hợp các loại tư liệu vệ tinh quang học khác nhau sẽ làm tăng cơ hội cho việc có được ảnh không mây phục vụ thường xuyên hơn cho mục tiêu giám sát bề mặt trái đất. Hiện nay, các vệ tinh quang học như: Landsat-8 OLI (từ 2013), Sentinel-2 MSI (Sentinel-2A - từ 2015; Sentinel-2B - từ 2017) hiện đang cung cấp ảnh miễn phí trên phạm vi toàn cầu với độ phân giải không gian từ 10 đến 30 m tạo ra cơ hội rất lớn để giám sát bề mặt trái đất. Sử dụng các bộ sưu tập ảnh Landsat 8 OLI và Sentinel 2 MSI chụp trong năm 2018 trên nền tảng điện toán đám mây của Google Earth Engine, nghiên cứu đã xác định khả năng khai thác từng loại tư liệu ảnh nêu trên và kết hợp chúng với nhau trên toàn lãnh thổ Việt Nam. Kết quả nghiên cứu đã chứng minh tiện ích của việc kết hợp hai loại tư liệu ảnh Sentinel-2 và Landsat-8 để nâng cao tần số và giảm thời gian lặp lại ảnh cho từng tỉnh của Việt Nam. Theo đó, nếu không xét đến ảnh hưởng của mây và bóng mây thì trung bình tại một vị trí tại nước ta, chu kỳ lặp lại của ảnh: 15 ngày (Landsat 8), 4 ngày (Sentinel 2) và 3 ngày (kết hợp hai loại ảnh). Nhưng nếu loại bỏ ảnh hưởng của mây và bóng mây thì, tính trung bình cho mọi vị trí tại Việt Nam, chu kỳ lặp lại của ảnh: 30 ngày (Landsat 8), 10 ngày (Sentinel 2) và 7 ngày (kết hợp hai loại ảnh). Tương ứng với tỷ lệ số ảnh Landsat 8 và Sentinel 2 có thể sử dụng cho mục tiêu giám sát bề mặt so với tổng số ảnh thu được tương ứng là 51% và 39%. Với chu kỳ lặp lại của ảnh như vậy, tư liệu ảnh Landsat 8 OLI phù hợp cho mục tiêu giám sát biến động hàng năm. Trong khi đó, tư liệu ảnh Sentinel 2 MSI phù hợp cho mục tiêu giám sát biến động hàng quý. Sự kết hợp của cả hai loại tư liệu ảnh có thể đáp ứng được mục tiêu giám sát biến động trên mặt đất hàng tháng.

Từ khóa: Ảnh vệ tinh quang học, GEE, Landsat 8 OLI, Sentinel 2 MSI.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Kết hợp tư liệu ảnh quang học của các vệ tinh khác nhau làm tăng cơ hội lấy được ảnh không có mây phục vụ cho việc giám sát bề mặt trái đất (Roy et al, 2006; Brown et al, 2006; Fensholt et al, 2009; Kovalskyy và Roy, 2013). Gần đây, các loại tư liệu ảnh quang học có độ phân giải không gian trung bình như: Landsat 8 OLI, Sentinel 2 MSI được cung cấp miễn phí đã mở ra những triển vọng và tiềm năng ứng dụng rất lớn trong điều kiện của các nước đang phát triển (Drusch et al, 2012; Roy et al, 2014) như Việt Nam.

Gần đây, sự ra đời và phát triển của nền tảng điện toán đám mây của Google Earth Engine (GEE) cho phép kết hợp một kho lưu trữ lớn ảnh viễn thám và các dữ liệu khác, được tối ưu hóa cho xử lý các dữ liệu không gian địa lý. Các thuật toán được tích hợp trong GEE cho phép cung cấp một cách nhanh chóng và trực quan về kết quả của các phân tích không gian phức tạp đã thúc đẩy mạnh mẽ khả

năng và triển vọng ứng dụng công nghệ viễn thám trong công tác giám sát bề mặt trái đất ở quy mô khu vực và từng địa phương. Điều mà trước đây nếu sử dụng ảnh đơn lẻ, trên các phần mềm thông dụng, với phương pháp xử lý truyền thống rất khó thực hiện hoặc mất rất nhiều thời gian và công sức.

Xét trên khía cạnh ứng dụng, khi các vệ tinh viễn thám được thiết kế thường quan tâm đến các chỉ số: độ phân giải không gian, độ phân giải phổ, độ phân giải xạ, độ phân giải thời gian (Carrasco et al, 2019). Trong đó: (1) độ phân giải không gian là vùng hoặc đối tượng nhỏ nhất trên mặt đất có thể phân biệt được bởi bộ cảm của vệ tinh, hiểu một cách đơn giản thì độ phân giải không gian chính là kích thước của điểm ảnh; (2) độ phân giải phổ là vùng bước sóng mà bức xạ tương ứng của nó có thể thu nhận được ở bộ cảm của vệ tinh, hiểu đơn giản hơn thì độ phân giải phổ chính là số kênh ảnh; (3) độ phân giải xạ là số bit của ảnh, độ phân giải xạ thấp thì sự phân biệt các đối tượng

trên bề mặt sẽ không cao và ngược lại; (4) độ phân giải thời gian là khoảng thời gian giữa hai lần thu nhận dữ liệu liên tiếp tại một vị trí trên mặt đất hay còn gọi là chu kỳ bay chụp. Độ phân giải thời gian càng cao, nghĩa là khoảng thời gian giãn cách giữa hai lần chụp tại một vị trí càng ngắn thì càng tăng cơ hội có được ảnh chất lượng tốt trong điều kiện bị ảnh hưởng của mây và các tác nhân khác.

Độ phân giải thời gian hay chu kỳ bay chụp của từng loại tư liệu ảnh: Landsat 8 OLI, Sentinel 2 MSI (gồm cả Sentinel 2A và Sentinel 2B) đã được nhà sản xuất đưa ra tương ứng là: 16 và 5 ngày. Như vậy, tại một vị trí trên mặt đất, nếu bỏ qua sự trùm phủ giữa các cảnh ảnh của cùng một loại ảnh thì trong một năm sẽ thu nhận được 22 - 23 cảnh ảnh Landsat 8 OLI và 95 - 96 cảnh ảnh Sentinel 2 MSI. Trong điều kiện như vậy, khi kết hợp hai loại tư liệu này với nhau, tại một vị trí cứ tối đa 4 ngày sẽ thu nhận được một cảnh ảnh. Tuy nhiên, xét tại một vị trí cụ thể, trong số các ảnh thu nhận được có bao nhiêu ảnh đảm bảo chất lượng (không có mây và bóng mây) phục vụ cho mục tiêu giám sát trên mặt đất lại chưa được quan tâm nghiên cứu thỏa đáng.

Mục tiêu của bài báo này là xác định số lần thu nhận ảnh Landsat-8, Sentinel-2 và sự kết hợp của hai loại ảnh tại từng vị trí cụ thể trên lãnh thổ Việt Nam cho từng tháng trong năm và cả năm 2018 trong điều kiện không và có xem xét đến ảnh hưởng của mây. Từ đó, xác định số lần thu nhận ảnh đảm bảo chất lượng: trung bình, độ phân giải thời gian tối thiểu, trung bình và tối đa cho từng loại và kết hợp hai loại tư liệu ảnh Landsat-8, Sentinel-2 cho từng tỉnh và trên toàn lãnh thổ Việt Nam.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Tư liệu sử dụng

Tư liệu ảnh

Vệ tinh Landsat-8 được phóng ngày 11/2/2013 vào quỹ đạo đồng bộ mặt trời với độ cao và độ nghiêng tương ứng khoảng 705 km và $98,22^{\circ}$, thời gian bay qua xích đạo là 10:00 sáng (Irons et al, 2012). Dữ liệu được thu nhận với trường quan sát 15° cung cấp ảnh có kích thước 185 km và chu kỳ bay chụp là 16 ngày.

Sentinel-2 bao gồm 2 vệ tinh: Sentinel-2A

được phóng vào ngày 23/6/2015 và Sentinel-2B được phóng vào ngày 7/3/2017 vào quỹ đạo đồng bộ mặt trời với độ cao 786 km, độ nghiêng $98,62^{\circ}$ và thời gian bay qua xích đạo là 10:30 sáng và độ trễ pha giữa hai vệ tinh là 180° (ESA, 2015). Dữ liệu được thu nhận với trường quan sát $20,6^{\circ}$ cung cấp ảnh có kích thước 290 km và chu kỳ bay chụp của mỗi cảm biến là 10 ngày và 5 ngày khi kết hợp hai cảm biến với nhau.

Tư liệu ảnh: Landsat-8 OLI và Sentinel 2 MSI sử dụng trong nghiên cứu này được khai thác từ bộ sưu tập trên GEE. Cụ thể:

Ảnh Landsat 8 OLI được khai thác từ bộ sưu tập: USGS Landsat 8 Surface Reflectance Tier 1, chụp năm 2018, xử lý đến mức T1 đã được đưa về giá trị phản xạ bề mặt trên GEE.

Ảnh Sentinel 2 MSI được khai thác từ bộ sưu tập: Sentinel-2 MSI: MultiSpectral Instrument, Level-2A, chụp năm 2018 trên GEE.

Tư liệu bản đồ

Bản đồ ranh giới hành chính các tỉnh Việt Nam được kế thừa từ “Hệ thống thông tin quản lý ngành Lâm nghiệp – FORMIS”.

2.2. Phương pháp nghiên cứu

Căn cứ vào các bộ sưu tập ảnh trên GEE lựa chọn trong nghiên cứu, ranh giới tỉnh Việt Nam, xác định tổng số cảnh ảnh chụp năm 2018 của từng loại ảnh: Landsat 8 OLI, Sentinel 2 MSI và kết hợp 2 loại ảnh với nhau. Tập hợp các cảnh ảnh thu được gọi là tập hợp ảnh 1. Mỗi cảnh ảnh trong tập hợp ảnh 1 được lọc mây và bóng mây tự động bằng các phần mềm chuyên dụng. Tập hợp các cảnh ảnh thu được sau khi lọc mây và bóng mây gọi là tập hợp ảnh 2. Như vậy, tập hợp ảnh 1 chứa tất cả các ảnh chụp lãnh thổ Việt Nam năm 2018 được nhà sản xuất chuyển lên trên hệ thống của GEE. Tập hợp ảnh 2 chính là tập hợp ảnh 1 đã loại bỏ toàn bộ các khu vực ảnh có mây và bóng mây cho từng cảnh ảnh.

Trong nghiên cứu này, ảnh tại một khu vực đảm bảo chất lượng phục vụ mục tiêu giám sát trên mặt đất được hiểu là ảnh đã được nhà sản xuất đưa về giá trị phản xạ bề mặt, không có mây và bóng mây. Do đó, tại tập hợp ảnh 1 sẽ xác định được số lượng ảnh được nhà sản xuất đưa lên hệ thống GEE cung cấp đến người sử

dụng tại từng vị trí trên mặt đất. Trong khi đó, tập hợp ảnh 2 cho phép xác định số lượng ảnh có thể sử dụng phục vụ mục tiêu giám sát bề mặt tại từng vị trí trên mặt đất.

Để thuận lợi cho việc tính toán và đơn giản hóa việc kết hợp giữa hai loại ảnh (Landsat 8 OLI, Sentinel 2 MSI), các kênh trên từng cảnh ảnh của tập hợp ảnh 1 và 2 được đưa về cùng độ phân giải không gian 30m phù hợp với độ phân giải không gian của ảnh Landsat 8 OLI.

Với mỗi tập hợp ảnh (Tập hợp ảnh 1, tập hợp ảnh 2), ứng với từng loại ảnh (Landsat 8 OLI, Sentinel 2 MSI) và sự kết hợp của hai loại ảnh với nhau, tại từng vị trí cụ thể trên mặt đất, nghiên cứu xác định tổng số ảnh thu nhận được cho từng quý (từ quý I đến quý IV) và cho cả năm 2018. Từ đó, kết hợp với ranh giới hành chính để xác định: số ảnh trung bình cho từng quý và cho cả năm 2018 của từng tỉnh. Cụ thể:

- Xét tại một vị trí trên mặt đất, số lượng ảnh được xác định là tổng số ảnh tại vị trí đó từ tập hợp ảnh 1 và tập hợp ảnh 2 tính cả sự trùng

phủ giữa các cảnh ảnh của cùng một loại ảnh.

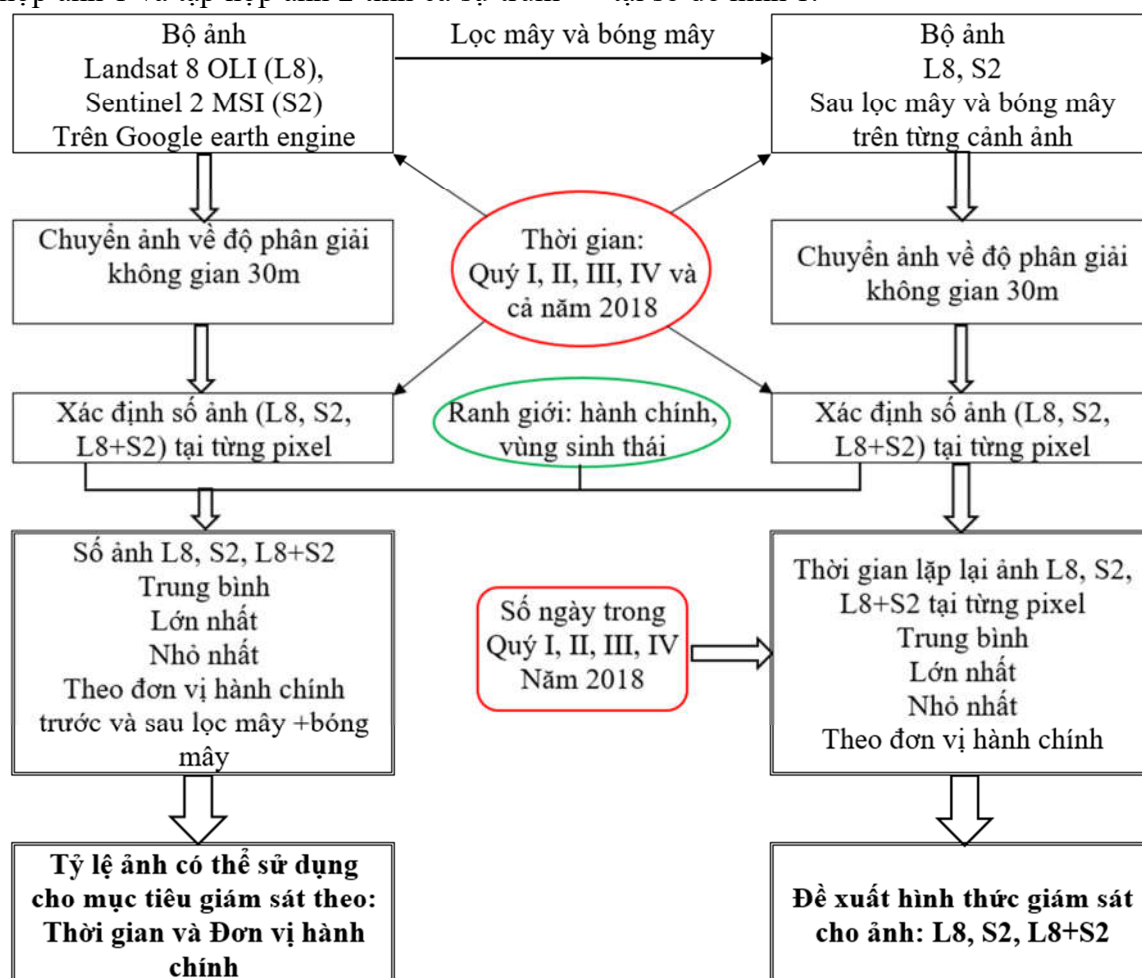
- Trên phạm vi một đơn vị hành chính (tỉnh), số lượng ảnh được xác định là trung bình số ảnh tại các vị trí trong đơn vị hành chính đó.

Quá trình đếm số lượng ảnh tại từng vị trí và tính toán số lượng ảnh trung bình cho từng tỉnh được thực hiện trên cửa sổ lập trình Earth Engine Code Editor của GEE.

Từ kết quả tính toán các chỉ số nêu trên cho từng tỉnh, tiến hành tổng hợp theo 8 vùng sinh thái Lâm nghiệp Việt Nam: Tây Bắc, Đông Bắc, Đồng bằng Bắc Bộ, Bắc Trung Bộ, Nam Trung Bộ, Tây Nguyên, Đông Nam Bộ, Tây Nam Bộ. Trong mỗi vùng sinh thái xác định: số ảnh trung bình, số ảnh lớn nhất, số ảnh nhỏ nhất theo tỉnh trong vùng, cho từng quý và cho cả năm 2018.

Chu kỳ lặp lại của ảnh được tính bằng thời gian chia cho số ảnh thu được theo vị trí.

Toàn bộ quá trình nghiên cứu được thể hiện tại sơ đồ hình 1.



Hình 1. Sơ đồ quá trình nghiên cứu

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Số lượng ảnh thu được trung bình tại một vị trí trên lãnh thổ Việt Nam

Kết quả xác định số lượng ảnh: Landsat 8

OLI, Sentinel 2 MSI, Landsat 8 OLI + Sentinel 2 MSI từ tập hợp ảnh 1 tại một vị trí theo các vùng sinh thái được tổng hợp tại bảng 1.

Bảng 1. Số lượng ảnh thu được tại một vị trí theo các vùng sinh thái

Vùng	Giá trị	Thời gian/loại ảnh/Số lượng ảnh thu được tại một vị trí														
		Quý I			Quý II			Quý III			Quý IV			Cả năm		
		L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2
Tây Bắc	<u>Trung bình</u>	<u>6</u>	<u>24</u>	<u>29</u>	<u>5</u>	<u>26</u>	<u>31</u>	<u>4</u>	<u>27</u>	<u>32</u>	<u>7</u>	<u>26</u>	<u>33</u>	<u>22</u>	<u>103</u>	<u>125</u>
	Lớn nhất	7	26	32	7	27	32	5	30	35	8	27	35	24	110	134
	Nhỏ nhất	5	20	26	4	23	30	4	22	27	4	24	28	21	90	111
Đông Bắc	<u>Trung bình</u>	<u>5</u>	<u>22</u>	<u>27</u>	<u>5</u>	<u>25</u>	<u>30</u>	<u>6</u>	<u>23</u>	<u>30</u>	<u>6</u>	<u>25</u>	<u>31</u>	<u>23</u>	<u>95</u>	<u>118</u>
	Lớn nhất	7	30	36	7	33	35	9	34	35	9	33	42	29	130	148
	Nhỏ nhất	4	16	20	2	19	24	1	17	23	3	19	22	18	71	89
ĐB Bắc Bộ	<u>Trung bình</u>	<u>6</u>	<u>25</u>	<u>31</u>	<u>8</u>	<u>29</u>	<u>37</u>	<u>9</u>	<u>27</u>	<u>36</u>	<u>7</u>	<u>30</u>	<u>37</u>	<u>31</u>	<u>111</u>	<u>142</u>
	Lớn nhất	10	33	39	14	37	45	15	35	46	11	38	47	48	143	176
	Nhỏ nhất	3	18	24	4	21	29	6	19	27	5	21	26	19	80	106
Bắc Trung Bộ	<u>Trung bình</u>	<u>7</u>	<u>24</u>	<u>30</u>	<u>8</u>	<u>24</u>	<u>32</u>	<u>7</u>	<u>23</u>	<u>29</u>	<u>7</u>	<u>25</u>	<u>32</u>	<u>28</u>	<u>96</u>	<u>123</u>
	Lớn nhất	9	29	35	10	29	36	9	27	35	9	29	37	35	112	143
	Nhỏ nhất	5	18	23	5	20	28	5	19	24	5	22	27	22	79	102
Nam Trung Bộ	<u>Trung bình</u>	<u>7</u>	<u>29</u>	<u>36</u>	<u>7</u>	<u>27</u>	<u>34</u>	<u>6</u>	<u>24</u>	<u>31</u>	<u>6</u>	<u>29</u>	<u>34</u>	<u>26</u>	<u>109</u>	<u>135</u>
	Lớn nhất	8	36	42	9	33	42	9	29	38	7	35	40	31	133	160
	Nhỏ nhất	6	24	33	4	23	29	4	21	26	5	24	29	21	93	119
Tây Nguyên	<u>Trung bình</u>	<u>8</u>	<u>29</u>	<u>36</u>	<u>5</u>	<u>27</u>	<u>32</u>	<u>5</u>	<u>24</u>	<u>30</u>	<u>4</u>	<u>28</u>	<u>33</u>	<u>22</u>	<u>108</u>	<u>130</u>
	Lớn nhất	8	32	40	7	30	36	7	28	34	7	32	36	27	121	146
	Nhỏ nhất	7	22	31	4	21	26	4	19	24	2	22	26	19	84	106
Đông Nam Bộ	<u>Trung bình</u>	<u>7</u>	<u>26</u>	<u>33</u>	<u>5</u>	<u>25</u>	<u>30</u>	<u>5</u>	<u>23</u>	<u>28</u>	<u>6</u>	<u>26</u>	<u>32</u>	<u>24</u>	<u>100</u>	<u>123</u>
	Lớn nhất	10	33	43	8	32	40	7	29	37	9	33	42	34	127	161
	Nhỏ nhất	5	19	25	2	18	20	2	16	18	4	19	23	15	71	86
Tây Nam Bộ	<u>Trung bình</u>	<u>7</u>	<u>22</u>	<u>29</u>	<u>6</u>	<u>23</u>	<u>29</u>	<u>6</u>	<u>22</u>	<u>27</u>	<u>7</u>	<u>23</u>	<u>30</u>	<u>25</u>	<u>91</u>	<u>116</u>
	Lớn nhất	9	29	34	8	31	35	7	29	34	10	32	37	32	121	140
	Nhỏ nhất	5	17	24	4	18	23	5	17	23	5	18	24	19	71	94

Do số lượng ảnh trong trường hợp này được xác định không tính đến ảnh hưởng của mây (có mây hay không có mây đều được thống kê), nên số lượng ảnh tương đối ổn định và gần sát với số ảnh theo chu kỳ lặp lại do nhà sản xuất ảnh đưa ra. Cụ thể, tính chung cho cả năm:

- Các vị trí trong vùng Tây Bắc có trung bình: 22 cảnh Landsat 8, 103 cảnh Sentinel 2 (22, 103). Các vùng khác tương ứng là: Đông Bắc (23, 95); Đồng bằng Bắc Bộ (31, 111); Bắc Trung Bộ (28, 96); Nam Trung Bộ (26, 109); Tây Nguyên (22, 108); Đông Nam Bộ (24, 100); Tây Nam Bộ (25, 91). Khi kết hợp hai loại ảnh với nhau, số lượng ảnh tại một vị trí bằng tổng số lượng ảnh Landsat 8 và Sentinel 2 tương ứng.

- Nếu tính trung bình cho mọi vị trí trên toàn quốc, một năm có: 25 cảnh Landsat 8, 101 cảnh Sentinel 2, 126 cảnh khi kết hợp hai loại ảnh với nhau. Tương ứng với chu kỳ lặp lại của ảnh là: 15 ngày với ảnh Landsat 8, 4 ngày với ảnh Sentinel 2 và 3 ngày khi sử dụng cả hai loại ảnh. Chu kỳ này nhỏ hơn so với chu kỳ bay chụp của mỗi loại ảnh do trong trường hợp này có tính đến độ phủ của các cảnh ảnh trong cùng một loại ảnh rất có ý nghĩa trong việc lựa chọn ảnh tại một vị trí trên mặt đất.

3.2. Số lượng ảnh thu được trung bình tại một vị trí có thể sử dụng phục vụ mục tiêu giám sát bề mặt trên lãnh thổ Việt Nam

Do ảnh hưởng của mây và bóng mây nên không phải mọi ảnh thu được theo vị trí tại kết quả nghiên cứu thứ nhất đều có thể sử dụng

cho mục tiêu nghiên cứu, giám sát bề mặt. Để giám sát được bề mặt, ít nhất trên ảnh phải không có mây và bóng mây.

Kết quả xác định số lượng ảnh: Landsat 8

OLI, Sentinel 2 MSI, Landsat 8 OLI + Sentinel 2 MSI từ tập hợp ảnh 2 tại một vị trí theo các vùng sinh thái được tổng hợp tại bảng 2.

Bảng 2. Số lượng ảnh thu được tại một vị trí theo các vùng sinh thái sau khi đã loại mây và bóng mây

Vùng	Giá trị	Thời gian/loại ảnh/Số lượng ảnh thu được tại một vị trí														
		Quý I			Quý II			Quý III			Quý IV			Cả năm		
		L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2
Tây Bắc	Trung bình	3	10	13	2	8	10	2	5	7	3	12	16	11	36	47
	Lớn nhất	4	11	15	2	10	12	2	6	8	4	14	18	13	39	50
	Nhỏ nhất	2	8	10	2	6	9	2	5	7	2	11	13	8	34	43
Đông Bắc	Trung bình	2	6	7	2	7	9	2	6	8	3	9	11	9	27	36
	Lớn nhất	3	8	10	3	9	12	4	8	11	6	12	16	14	33	44
	Nhỏ nhất	1	3	5	1	5	7	1	3	6	1	6	7	7	20	29
ĐB Bắc Bộ	Trung bình	2	6	8	3	11	14	3	7	10	4	14	18	12	38	50
	Lớn nhất	2	9	10	6	13	20	6	9	13	6	16	22	18	48	64
	Nhỏ nhất	1	5	6	2	9	12	2	5	8	2	11	13	8	32	41
Bắc Trung Bộ	Trung bình	2	6	9	4	11	15	3	6	9	3	9	12	12	32	44
	Lớn nhất	3	11	13	5	15	19	4	9	10	4	11	14	15	45	57
	Nhỏ nhất	1	4	6	3	9	12	2	4	7	2	6	8	10	25	35
Nam Trung Bộ	Trung bình	4	13	17	4	14	18	4	9	13	3	9	12	15	44	59
	Lớn nhất	7	18	25	5	17	22	5	12	17	4	11	14	17	55	70
	Nhỏ nhất	2	10	13	3	11	15	2	7	10	3	6	8	13	35	48
Tây Nguyên	Trung bình	5	18	23	3	13	16	2	5	7	3	12	14	13	48	61
	Lớn nhất	6	20	26	3	14	18	3	6	9	5	15	20	16	54	69
	Nhỏ nhất	4	14	20	3	11	14	2	4	6	1	9	12	11	37	51
Đông Nam Bộ	Trung bình	5	19	24	3	11	14	3	7	9	4	14	18	15	50	65
	Lớn nhất	8	25	30	4	14	18	5	9	14	6	17	23	20	65	85
	Nhỏ nhất	3	14	18	2	6	7	1	6	7	2	9	11	9	34	44
Tây Nam Bộ	Trung bình	4	13	18	3	9	12	3	5	7	4	10	14	13	38	52
	Lớn nhất	6	18	23	4	11	15	5	8	12	6	14	20	19	51	70
	Nhỏ nhất	3	9	12	2	8	10	1	2	4	3	6	10	10	27	40

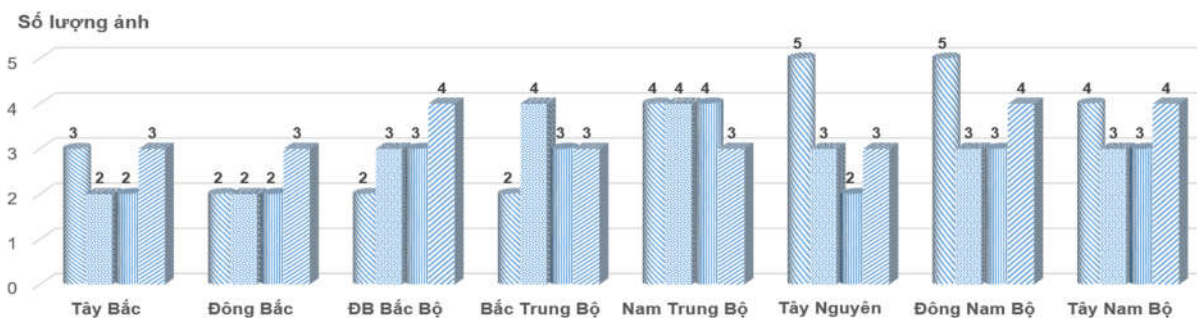
So sánh kết quả giữa bảng 2 và bảng 1 cho thấy, sau khi loại mây và bóng mây trên ảnh, số lượng ảnh thu được tại một vị trí giảm đi đáng kể. Cụ thể:

- Các vị trí trong vùng Tây Bắc chỉ thu được trung bình: 11 cảnh Landsat 8, 36 cảnh Sentinel 2 (11, 36) không có mây và bóng mây. Các vùng khác tương ứng là: Đông Bắc (9, 27); Đồng bằng Bắc Bộ (12, 38); Bắc Trung Bộ (12, 32); Nam Trung Bộ (15, 44); Tây Nguyên (13, 48); Đông Nam Bộ (15, 50); Tây Nam Bộ (13, 38).

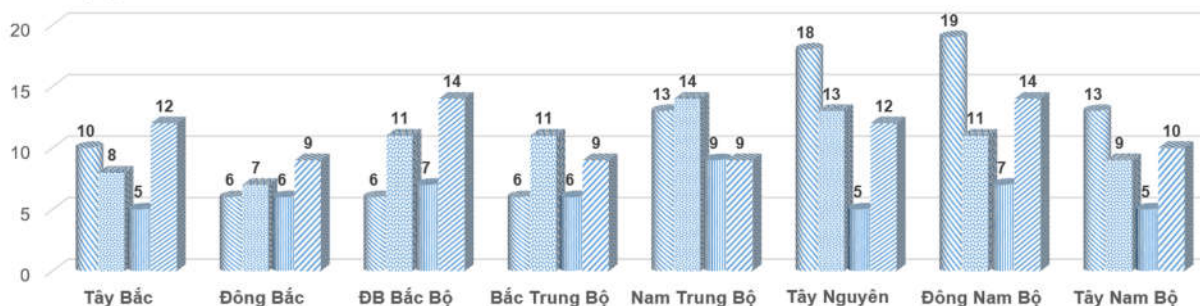
- Tính trung bình cho mọi vị trí trên toàn quốc, một năm thu được: 12 cảnh Landsat 8, 38 cảnh Sentinel 2, 50 cảnh khi kết hợp hai loại ảnh với nhau không có mây và bóng mây. Tương ứng với chu kỳ lặp lại của ảnh không có

mây và bóng mây là: 30 ngày với ảnh Landsat 8, 10 ngày với ảnh Sentinel 2 và 7 ngày khi sử dụng cả hai loại ảnh.

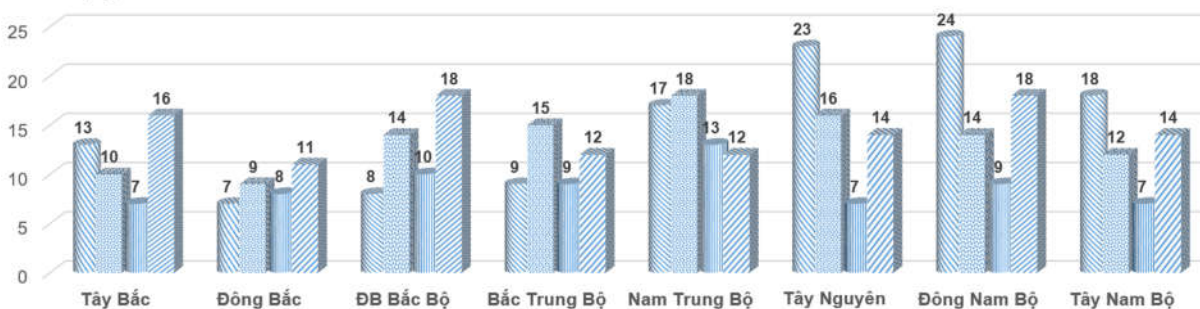
Bảng 2 cũng cho thấy: trong cùng một vùng sinh thái, số lượng ảnh thu được có thể sử dụng cho mục tiêu giám sát bề mặt rất khác nhau theo các khoảng thời gian tương tự nhau (theo quý). Vậy, ở từng vùng sinh thái nhất định nên khai thác ảnh vào thời gian nào là tốt nhất là câu hỏi đặt ra. Để trả lời câu hỏi này cần xác định thời gian nào cung cấp nhiều ảnh có chất lượng nhất, đó chính là thời gian thu ảnh tốt nhất. Biểu đồ hóa số ảnh thu được trung bình các vị trí theo quý trong một năm (thứ tự từ quý I đến quý IV), theo vùng sinh thái cho từng loại ảnh và kết hợp hai loại ảnh được minh họa tại các hình từ hình 2 đến hình 4.



Hình 2. Số ảnh Landsat 8 OLI thu được trung bình tại các vị trí theo quý và theo vùng sinh thái



Hình 3. Số ảnh Sentinel 2 MSI thu được trung bình tại các vị trí theo quý và theo vùng sinh thái



Hình 4. Số ảnh thu được trung bình tại các vị trí theo quý và theo vùng sinh thái khi kết hợp Landsat 8 OLI và Sentinel 2 MSI

Từ bảng 2 và các hình: 2, 3, 4, xác định thời gian thu ảnh tốt nhất theo các vùng sinh thái thể hiện tại bảng 3.

Bảng 3. Thời gian thu ảnh tốt nhất theo vùng sinh thái

TT	Vùng sinh thái	Loại ảnh/Thời gian thu ảnh tốt nhất		
		Landsat 8 OLI	Sentinel 2 MSI	Kết hợp 2 loại ảnh
1	Tây Bắc	Quý I, IV	Quý IV	Quý IV
2	Đông Bắc	Quý IV	Quý IV	Quý IV
3	ĐB Bắc Bộ	Quý IV	Quý IV	Quý IV
4	Bắc Trung Bộ	Quý II	Quý II	Quý II
5	Nam Trung Bộ	Quý I, II, III	Quý II	Quý II
6	Tây Nguyên	Quý I	Quý I	Quý I
7	Đông Nam Bộ	Quý I	Quý I	Quý I
8	Tây Nam Bộ	Quý I, IV	Quý I	Quý I

Tỷ lệ giữa số ảnh có thể sử dụng phục vụ mục tiêu giám sát bề mặt (ảnh không có mây và bóng mây) với tổng số ảnh thu được trung bình tại các vị trí theo vùng sinh thái là chỉ số

quan trọng cho biết phần trăm khả năng có ảnh tốt so với tổng số ảnh thu được theo vị trí tại vùng sinh thái đó. Kết quả xác định chỉ tiêu này được thể hiện tại bảng 4.

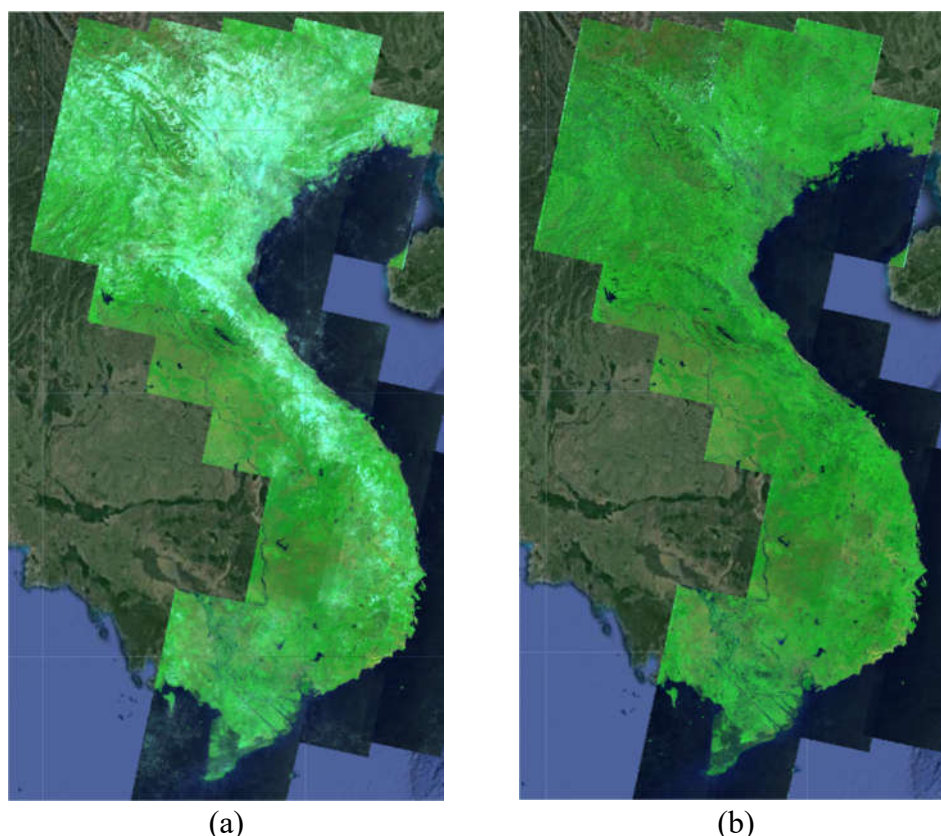
Bảng 4. Tỷ lệ số ảnh có thể sử dụng cho mục tiêu giám sát bề mặt tại một vị trí so với tổng số ảnh

Vùng	Thời gian/loại ảnh/Tỷ lệ số ảnh có thể sử dụng cho giám sát bề mặt (%)														
	Quý I			Quý II			Quý III			Quý IV			Cả năm		
	L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2
Tây Bắc	56	42	44	42	32	33	41	20	23	53	47	48	<u>49</u>	<u>35</u>	37
Đông Bắc	35	26	28	37	27	29	36	26	28	49	34	37	<u>39</u>	<u>28</u>	31
ĐB Bắc Bộ	26	25	25	37	39	39	37	24	28	56	46	48	<u>39</u>	<u>34</u>	35
Bắc Trung Bộ	36	26	28	53	44	46	40	26	29	43	35	37	<u>44</u>	<u>33</u>	35
Nam Trung Bộ	53	45	47	62	50	52	58	36	41	60	30	35	<u>58</u>	<u>40</u>	44
Tây Nguyên	70	62	64	60	49	51	38	22	25	67	41	44	<u>60</u>	<u>44</u>	47
Đông Nam Bộ	66	75	73	56	42	45	54	30	34	69	53	56	<u>62</u>	<u>51</u>	53
Tây Nam Bộ	61	60	60	51	40	42	43	23	27	58	45	48	<u>53</u>	<u>42</u>	45

Tính trung bình cho các vị trí theo vùng sinh thái, trong một năm tỷ lệ số ảnh Landsat 8 và Sentinel 2 tương ứng có thể sử dụng cho mục tiêu giám sát bề mặt so với tổng số ảnh thu được như sau: vùng Tây Bắc (49%, 35%); vùng Đông Bắc (39%, 28%); vùng Đồng bằng Bắc Bộ (39%, 34%); vùng Bắc Trung Bộ (44%, 33%); vùng Nam Trung Bộ (58%, 40%); vùng Tây Nguyên (60%, 44%); vùng Đông Nam Bộ (62%, 51%); vùng Tây Nam Bộ (53%, 42%).

Nếu tính trung bình cho các vị trí trong toàn quốc, trong một năm tỷ lệ số ảnh Landsat 8 và Sentinel 2 tương ứng có thể sử dụng cho mục tiêu giám sát bề mặt so với tổng số ảnh thu được là 51% số ảnh Landsat 8 và 39% số ảnh Sentinel 2.

Các cảnh ảnh Landsat 8 OLI chụp năm 2018 phủ trùm lãnh thổ Việt Nam (phần đất liền) trước và sau khi lọc mây và bóng mây để tính toán số lượng ảnh tại từng vị trí được minh họa tại hình 5.



Hình 5. Các cảnh ảnh Landsat 8 OLI chụp năm 2018 phủ trùm lãnh thổ Việt Nam (phần đất liền) trước (a) và sau khi lọc mây và bóng mây (b)

Từ các kết quả nêu trên, tác giả xác định thời gian trung bình lặp lại ảnh tại một vị trí trên mặt đất và căn cứ vào thời gian lặp lại lớn

nhất để đề xuất hình thức sử dụng ảnh để giám sát bề mặt cho từng tỉnh, thành phố trên toàn quốc như bảng 5.

Bảng 5. Thời gian trung bình lặp lại ảnh tại một vị trí trên mặt đất và hình thức sử dụng ảnh để giám sát bề mặt theo đơn vị hành chính cấp tỉnh

Vùng Sinh thái	Tỉnh/Thành phố	Thời gian lặp lại ảnh (ngày)/loại ảnh									Đề xuất hình thức giám sát		
		Nhỏ nhất			Lớn nhất			Trung bình					
		L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2
Tây Bắc	Điện Biên	24	7	6	61	17	13	39	11	9	N	Q	T
	Lai Châu	21	8	6	44	19	14	31	12	9	Q	Q	T
	Sơn La	23	6	5	48	18	13	36	11	8	N	Q	T
	Hoà Bình	37	8	7	58	14	11	48	11	9	N	T	T
Đông Bắc	Hà Giang	31	15	10	51	18	12	40	16	11	N	Q	T
	Cao Bằng	39	14	10	55	18	13	47	16	12	N	Q	T
	Bắc Kạn	39	14	11	61	17	12	45	15	11	N	Q	T
	Tuyên Quang	42	15	11	69	20	14	52	17	13	N	Q	T
	Lào Cai	19	8	6	78	14	11	50	12	9	N	T	T
	Yên Bái	35	9	7	68	18	14	50	13	10	N	Q	T
	Thái Nguyên	47	10	8	83	15	13	59	12	10	N	Q	T
	Lạng Sơn	28	8	6	69	14	11	41	12	9	N	T	T
	Quảng Ninh	16	10	6	48	32	19	33	22	13	N	Q	Q
	Bắc Giang	22	8	6	72	17	14	41	12	9	N	Q	T
	Phú Thọ	34	10	8	59	15	12	46	12	10	N	T	T
	Vĩnh Phúc	40	12	9	74	19	15	54	15	12	N	Q	T
ĐB Bắc Bộ	TP Hà Nội	31	9	7	57	15	11	41	12	9	N	Q	T
	Bắc Ninh	15	8	5	53	14	11	27	11	7	N	T	T
	Hải Dương	17	6	4	47	13	10	31	9	7	N	T	T
	TP Hải Phòng	18	6	4	55	18	11	37	11	8	N	Q	T
	Hưng Yên	14	6	5	69	11	9	31	8	6	N	T	T
	Thái Bình	29	7	5	72	18	15	50	12	10	N	Q	T
	Hà Nam	24	7	6	79	15	12	39	11	8	N	Q	T
	Nam Định	23	7	5	59	17	13	40	11	8	N	Q	T
	Ninh Bình	31	7	6	53	16	12	38	12	9	N	Q	T
Bắc Trung Bộ	Thanh Hóa	28	9	7	45	16	12	39	13	10	N	Q	T
	Nghệ An	27	10	7	37	15	10	33	12	9	Q	T	T
	Hà Tĩnh	20	7	5	41	19	13	27	13	9	Q	Q	T
	Quảng Bình	28	8	7	61	23	15	41	17	12	N	Q	Q
	Quảng Trị	17	10	6	43	19	13	28	15	10	Q	Q	T
	Thừa Thiên Huế	21	6	5	49	11	9	33	9	7	N	T	T
Nam Trung Bộ	TP Đà Nẵng	20	6	5	31	9	7	24	8	6	Q	T	T
	Quảng Nam	22	6	5	37	11	8	29	9	7	Q	T	T
	Quảng Ngãi	18	5	4	34	9	7	26	7	5	Q	T	T
	Bình Định	20	7	6	31	13	9	25	10	7	Q	T	T
	Phú Yên	23	8	6	34	16	11	28	11	8	Q	Q	T
	Khánh Hòa	19	7	5	27	13	8	22	10	7	Q	T	T
	Ninh Thuận	17	7	5	32	11	8	24	9	6	Q	T	T
	Bình Thuận	13	5	4	42	13	10	28	8	6	Q	T	T
Tây Nguyên	Kon Tum	16	5	4	56	20	15	30	9	7	N	Q	T
	Gia Lai	16	5	4	36	14	10	29	8	6	Q	T	T
	Đắk Lắk	20	6	4	68	18	13	40	10	8	N	Q	T
	Đắk Nông	16	7	5	48	23	16	31	12	9	N	Q	Q
	Lâm Đồng	15	5	4	52	15	12	34	9	7	N	Q	T

Vùng Sinh thái	Tỉnh/Thành phố	Thời gian lặp lại ảnh (ngày)/loại ảnh									Đề xuất hình thức giám sát		
		Nhỏ nhất			Lớn nhất			Trung bình					
		L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2	L8	S2	L8 S2
Đông Nam Bộ	Bình Phước	17	4	3	51	15	12	27	8	6	N	Q	T
	Tây Ninh	25	6	5	49	14	11	36	9	7	N	T	T
	Bình Dương	22	4	4	42	14	10	30	8	6	Q	T	T
	Đồng Nai	11	5	4	30	16	10	21	10	7	Q	Q	T
	Bà Rịa VT	20	7	5	74	16	13	50	12	10	N	Q	T
	TP Hồ Chí Minh	15	4	3	26	10	6	19	6	5	Q	T	T
Tây Nam Bộ	Long An	16	5	4	28	12	8	21	8	6	Q	T	T
	Tiền Giang	24	6	5	43	16	10	31	10	7	Q	Q	T
	Bến Tre	30	5	5	41	11	8	34	8	7	Q	T	T
	Trà Vinh	29	5	4	53	13	10	38	9	7	N	T	T
	Vĩnh Long	26	6	5	40	22	14	34	12	8	Q	Q	T
	Đồng Tháp	18	6	5	29	19	11	23	10	7	Q	Q	T
	An Giang	14	7	5	31	18	11	24	10	7	Q	Q	T
	Kiên Giang	16	8	5	39	29	17	28	14	9	Q	Q	Q
	TP Cần Thơ	24	9	7	50	<u>39</u>	<u>22</u>	37	17	11	N	Q	Q
	Hậu Giang	28	10	7	51	28	18	36	15	10	N	Q	Q
	Sóc Trăng	23	8	6	62	24	17	33	14	10	N	Q	Q
	Bạc Liêu	24	9	6	46	30	18	31	16	11	N	Q	Q
	Cà Mau	14	7	5	47	19	13	28	11	8	N	Q	T

Tại bảng 5, mục đề xuất hình thức giám sát, ký hiệu N là năm, Q là quý và T là tháng.

Mặc dù, tính trung bình cho mọi vị trí trên toàn quốc, một năm chu kỳ lặp lại của ảnh không có mây và bóng mây là: 30 ngày với ảnh Landsat 8, 10 ngày với ảnh Sentinel 2 và 7 ngày khi sử dụng cả hai loại ảnh. Tuy nhiên, chu kỳ này lớn nhất có thể đạt đến: 83 ngày với ảnh Landsat 8 (tỉnh Thái Nguyên), 39 ngày với ảnh Sentinel 2 và 22 ngày khi kết hợp cả hai loại ảnh (Thành phố Cần Thơ). Vì vậy, việc đề xuất hình thức giám sát cần căn cứ vào thời gian lặp lại lớn nhất của ảnh. Giả sử trong một kỳ giám sát cần ít nhất 2 ảnh cho một vị trí, từ đó xác định hình thức giám sát biến động trên mặt đất phù hợp cho từng loại ảnh như sau:

- Với ảnh Landsat 8 OLI, số liệu tại bảng 5 cho thấy: có 40/63 tỉnh/thành phố (chiếm 63,5% số tỉnh) chỉ có thể sử dụng ảnh Landsat 8 để giám sát hàng năm hoặc một năm tối đa 2 lần giám sát và 23/63 tỉnh/thành phố (chiếm 36,5% số tỉnh) có thể sử dụng ảnh Landsat 8 để giám sát hàng quý. Như vậy, ảnh Landsat 8 phù hợp cho mục tiêu giám sát biến động trên mặt đất hàng năm.

- Với ảnh Sentinel 2 MSI, số liệu từ bảng 5 cho thấy, có 40/63 tỉnh/thành phố (chiếm

63,5% số tỉnh) có thể sử dụng ảnh Sentinel 2 để giám sát hàng quý và 23/63 tỉnh/thành phố (chiếm 36,5% số tỉnh) có thể sử dụng ảnh này để giám sát hàng tháng. Như vậy, ảnh Sentinel 2 phù hợp cho mục tiêu giám sát biến động trên mặt đất hàng quý.

- Khi kết hợp cả hai loại ảnh, có 55/63 tỉnh/thành phố (chiếm 87,3% số tỉnh) có thể sử dụng kết hợp hai loại ảnh để giám sát hàng tháng; 8/63 tỉnh/Thành phố (chiếm 12,7% số tỉnh) có thể sử dụng hai loại ảnh để giám sát hàng quý. Như vậy, nếu sử dụng kết hợp cả hai loại ảnh có thể đáp ứng được mục tiêu giám sát biến động trên mặt đất hàng tháng.

3.3. Thảo luận

Nghiên cứu đã xem xét số lượng ảnh Landsat-8 và Sentinel-2 thu được trung bình theo vị trí trong năm 2018 trên toàn lãnh thổ Việt Nam và cho thấy sự kết hợp giữa Landsat-8 và Sentinel-2 làm tăng số lượng và giảm thời gian lặp lại của ảnh theo vị trí. Ở một số vị trí nhất định, số lượng ảnh thu được lớn hơn và chu kỳ lặp lại của ảnh nhỏ hơn so với chu kỳ bay chụp của từng loại vệ tinh do nhà sản xuất đưa ra. Điều này là do phân tích có tính đến cả những khu vực trùm phủ giữa các cảnh ảnh trong một loại ảnh.

Về tỷ lệ số ảnh phù hợp cho mục tiêu giám sát bề mặt, Kovalskyy và Roy (2015) kết luận: trung bình theo vị trí có 43% số ảnh Landsat-8 ở Mỹ bị ảnh hưởng bởi mây và bóng mây, nghĩa là tại Mỹ có 57% số ảnh phù hợp cho mục tiêu giám sát bề mặt so với tổng số ảnh thu được. Trên phạm vi toàn cầu, các địa điểm thường xuyên có mây và bóng mây trên ảnh quang học đã được quan sát bao gồm khu vực cận xích đạo của Châu Phi, khu vực Amazonia của châu Mỹ, khu vực Bắc và Đông Nam của Châu Á (Roy et al, 2006; Kovalskyy và Roy, 2013; Ju và Roy, 2008). Tại Việt Nam, kết quả nghiên cứu cho thấy tỷ lệ số ảnh Landsat 8 phù hợp cho mục tiêu giám sát bề mặt trên toàn lãnh thổ là 51% tương đối phù hợp với các kết quả đã nghiên cứu.

Chu kỳ lặp lại ảnh nhỏ nhất và lớn nhất cho từng tỉnh (Bảng 5) rất đáng quan tâm vì chúng xác định mức độ có thể khai thác được ảnh theo thời gian. Đặc biệt là thời gian lặp lại ảnh lớn nhất cho phép xác định khả năng giám sát mặt đất của từng loại tư liệu ảnh. Ảnh Landsat 8 phù hợp với yêu cầu giám sát hàng năm, ảnh Sentinel 2 phù hợp với yêu cầu giám sát hàng quý và sự kết hợp của hai loại ảnh với nhau phù hợp với yêu cầu giám sát hàng tháng. Điều này sẽ có lợi cho một số lượng lớn các ứng dụng viễn thám như các ứng dụng giám sát sự thay đổi trên mặt đất (Drusch et al, 2012; Roy et al, 2014; Zhu et al, 2017; Hansen và Loveland, 2012). Ngoài ra, các ứng dụng cần giám sát sự biến động theo thời gian gần với thời gian thực sẽ trở nên khả thi hơn do sự chắc chắn trong việc sẽ thu được hình ảnh miễn phí và không có mây và bóng mây.

Kết quả của nghiên cứu này là tiền đề để định hướng các ứng dụng giám sát trên mặt đất sử dụng tư liệu ảnh Landsat-8 và Sentinel-2 đa thời gian. Tuy nhiên, nghiên cứu này chưa xem xét đến sự khác nhau về độ phân giải không gian và độ phân giải phổ giữa các kênh ảnh của hai loại tư liệu ảnh này. Đây sẽ là vấn đề cần được xem xét khi sử dụng kết hợp hai loại tư liệu ảnh này cho những bài toán ứng dụng cụ thể.

4. KẾT LUẬN

Nghiên cứu đã chứng minh tiện ích của việc kết hợp hai loại tư liệu ảnh Sentinel-2 và Landsat-8 để nâng cao tần số và giảm thời gian lặp lại ảnh. Những kết quả chính là:

- Tính trung bình cho mọi vị trí tại Việt Nam, một năm tổng số ảnh thu được: 25 cảnh Landsat 8, 101 cảnh Sentinel 2, 126 cảnh khi kết hợp hai loại ảnh với nhau, tương ứng với chu kỳ lặp lại của ảnh là: Landsat 8 - 15 ngày, Sentinel 2 - 4 ngày và 3 ngày khi kết hợp hai loại ảnh.

- Tính trung bình cho mọi vị trí tại Việt Nam, một năm chỉ thu được: 12 cảnh Landsat 8, 38 cảnh Sentinel 2, 50 cảnh khi kết hợp hai loại ảnh thỏa mãn điều kiện không có mây và bóng mây, tương ứng với chu kỳ lặp lại của ảnh không có mây và bóng mây là: Landsat 8 - 30 ngày, Sentinel 2 - 10 ngày và 7 ngày khi kết hợp hai loại ảnh.

- Tỷ lệ số ảnh Landsat 8 và Sentinel 2 có thể sử dụng cho mục tiêu giám sát bề mặt so với tổng số ảnh thu được là 51% số ảnh Landsat 8 và 39% số ảnh Sentinel 2.

- Tư liệu ảnh Landsat 8 OLI phù hợp cho mục tiêu giám sát biến động trên mặt đất hàng năm. Trong khi đó, tư liệu ảnh Sentinel 2 MSI tương đối phù hợp cho mục tiêu giám sát biến động trên mặt đất hàng quý. Sự kết hợp của cả hai loại tư liệu ảnh có thể đáp ứng được mục tiêu giám sát biến động trên mặt đất hàng tháng.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

1. Brown, M.E.; Pinzón, J.E.; Didan, K.; Morisette, J.T.; Tucker, C.J. *Evaluation of the consistency of long-term NDVI time series derived from AVHRR, SPOT-vegetation, SeaWiFS, MODIS, and Landsat ETM+ sensors*. IEEE Trans. Geosci. Remote Sens. 2006, 44, 1787–1793.
2. Carrasco, L.; O'Neil, A.W.; Morton, R. D.; Rowland, C.S. *Evaluating Combinations of Temporally Aggregated Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat 8 for Land Cover Mapping with Google Earth Engine*. Remote Sens. 2019, 11(3), 288.
3. Drusch, M.; Del Bello, U.; Carlier, S.; Colin, O.; Fernandez, V.; Gascon, F.; Hoersch, B.; Isola, C.; Laberinti, P.; Martimort, P. *Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services*. Remote Sens. Environ. 2012, 120, 25–36.