

Determinazione del carbonio immagazzinato nell'Area Protetta del Cerrano

a cura di

Piero Di Carlo ed Eleonora Aruffo

Dipartimento di Scienze Psicologiche della Salute e del Territorio (DISPUTER)

Università "G. d'Annunzio" di Chieti-Pescara

INTRODUZIONE

L'anidride carbonica (CO₂) è il composto clima-alterante principale in termini di contributo al forcing radiativo. L'aumento di concentrazione media di CO₂ in atmosfera a partire dai 310 ppm (parti per milione) della metà dell'800 ha avuto una rapida impennata dagli anni sessanta fino a superare i 400 ppm per la prima volta nel maggio 2013. Poiché una delle conseguenze dirette dell'aumento di concentrazione di CO₂ atmosferico è l'aumento della temperatura media su tutto il globo di circa un grado centigrado rispetto al periodo 1850-1900, le politiche di riduzione delle emissioni di questo composto sono affiancate da politiche di mitigazioni che incentivano l'incremento del sequestro del carbonio (C) attraverso l'aumento della biomassa sul pianeta. Gli alberi, come pure i prodotti legnosi e erbacei sono meccanismi di sequestro primario del carbonio e circa il 50% del legno di alberi è costituito da carbonio. La vegetazione rappresenta una delle strategie di mitigazione per ridurre il riscaldamento globale tra le più efficaci. Quando gli alberi crescono, il carbonio viene rimosso dall'atmosfera ed immagazzinato nell'ecosistema attraverso il legno, foglie e terreno, ma può essere rilasciato nell'atmosfera quando vengono bruciati. Le stime effettuate dalla Global Forest Resources Assessment mostrano che le foreste del mondo conservano più di 650 Gt (gigatonnellate) di carbonio, 289 Gt nella biomassa (44%), 72 Gt in legno morto e letti (11%) e 292 Gt nel suolo (45%) [1].

Le praterie ed il suolo, seppur in maniera sostanzialmente minore degli alberi, contribuiscono anche esse all'assorbimento ed all'immagazzinamento del carbonio, allo stesso modo il mare con la sua vegetazione e la biomassa sono un ulteriore elemento molto importante nel ciclo del carbonio.

L'Area Marina Protetta (AMP) "Torre del Cerrano" con la presenza di una pineta, dune e mare costituisce un sistema che scambia anidride carbonica con l'atmosfera attraverso i tre diversi habitat, con un potere di assorbimento netto e quindi capacità di immagazzinamento di carbonio diverso. Pertanto dal punto di vista del budget del carbonio complessivo dell'AMP "Torre del Cerrano" devono essere considerati i contributi dovuti ai tre habitat sopracitati.

Il sito

L'AMP "Torre del Cerrano" si estende dalla foce del torrente Calvano fino all'altezza della stazione ferroviaria di Silvi Marina (figura 1). La superficie dell'area protetta è di circa 37 km² e comprende una ristretta zona B di circa 1 km di lato di fronte a Torre Cerrano, una zona C di 14 km² che si sviluppa per l'intera estensione del fronte mare fino a circa 2 km dalla costa e una zona D di forma trapezoidale, di circa 22 km² che si estende fino al limite delle 3 miglia. L'AMP è caratterizzata da

tre habitat: la pineta, le dune e la zona di mare descritta sopra, tutte in grado di contribuire con un assorbimento netto di CO₂ dall'atmosfera ed all'immagazzinamento del carbonio.



Figura 1. Mappa dell' AMP "Torre del Cerrano"

Stima del carbonio immagazzinato dalla Pineta dell'AMP "Torre del Cerrano"

Per quantificare il carbonio immagazzinato dagli alberi bisogna valutare la quantità di biomassa dell'albero stesso e la quantità di carbonio contenuta è quantificata dall'IPCC nel 47% di essa [2]. I metodi per determinare la quantità di biomassa per albero sono sostanzialmente tre: 1) metodo diretto; 2) metodo indiretto (equazione allometrica); 3) metodo indiretto (telerilevamento). Il metodo diretto, se anche il più preciso, non è di fatto applicato se non per ricavare le equazioni allometriche, poiché prevede il taglio dell'albero per valutare la quantità di biomassa attraverso il peso di tutte le parti dell'albero. Tale metodo, naturalmente, non è stato usato in questa analisi per evitare l'abbattimento di alberi. Il metodo indiretto che utilizza l'equazione allometrica si basa su parametri determinati in maniera sperimentale che permettono di stimare la quantità di biomassa contenuta in un albero a partire dalla misura del diametro dell'albero stesso all'altezza di 130 cm dal suolo (diameter at breast height (DBH)) [3]. Questo metodo, utilizzato per diversi tipi di alberi, ha come unico limite il notevole dispendio di tempo nel caso in cui il numero di alberi di cui misurare le caratteristiche è elevato. L'ultimo metodo, largamente usato, prevede l'utilizzo di immagini da satellite, opportunamente analizzate mediante tecniche di analisi delle immagini, per valutare la quantità di biomassa, dopo un lavoro preliminare di taratura [4].

In questo studio si è deciso di utilizzare il metodo indiretto che utilizza il telerilevamento sia per evitare di dover misurare il diametro di ogni albero, ma anche per avere un metodo di base da poter utilizzare successivamente negli anni, in maniera immediata, per valutare le variazioni di biomassa e

quindi di carbonio stoccato. Altra scelta è stata quella di utilizzare immagini da satellite da Google Earth perché disponibili a costo zero, di facile accesso e con la risoluzione spaziale necessaria. L'attività iniziale è stata quella di effettuare delle misure di diametro di alcuni alberi dell'AMP per la taratura delle immagini da satellite (figura 2).



Figura 2. Fasi di misura del diametro degli alberi a 130 m di altezza dal suolo.

Diversi lavori dimostrano come dall'area della chioma di un albero è possibile determinare la corrispondenza con il suo diametro, e mediante l'equazione allometrica, la biomassa totale (figura 3) [5]. Nel nostro caso gli alberi di cui sono stati misurati i diametri sono stati identificati nelle immagini di Google Earth e si è calcolata l'area delle rispettive chiome utilizzando il software QGIS, per determinare la relazione tra l'area della chioma dell'albero e il suo diametro (DBH) (figura 4).

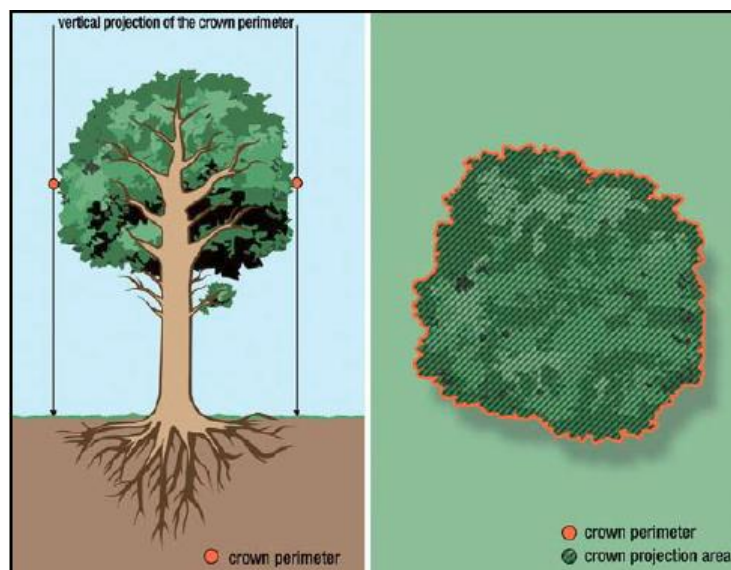


Figura 3. Relazione tra area della chioma di un albero e il suo diametro [5]

Nella tabella 1 vengono riassunti i dati osservati.



Figura 4. Alberi di cui è stato misurato il diametro, identificati nell'immagine da satellite per poi stimarne l'area della chioma.

Dalle misure di diametro degli alberi e dalla stima delle relative aree dell'immagine da satellite è stato possibile determinare la retta di regressione e la relazione analitica che lega queste due quantità. Nella figura 5 vengono riportati sia i dati sperimentali che la retta di regressione.

Tabella 1. Misure di diametro (DBH) di ogni albero e stima dell'area corrispondente dall'immagine da satellite

FILA	Albero	DBH (m)	AREA (m2)	Albero	DBH (m)	AREA (m2)	Albero	DBH (m)	AREA (m2)	Albero	DBH (m)	AREA (m2)
15	1	1.66	25	2	1.35	13	3	MANCA	MANCA	4	1.1	10
14	1	1.75	32	2	1.9	32	3	1.17	11	4	1.08	8
13	1	1.67	41	2	1.54	13	3	1.65	22	4		
12	1	1.44	19	2	1.86	30	3	1.2	20	4		
7	1	1.87	32	2	1.65	19	3	1.5	18	4		
6	1	1.77	24	2	1.63	17	3	1.07	15	4		
5	1	1.4	16	2	1.52	25	3	1.28	14	4		
4	1	1.78	26	2	1.35	10	3	1.54	18	4		

La fase successiva alla taratura, ha previsto l'analisi delle immagini da satellite per isolare gli alberi presenti nell'AMP dal resto. Per questo lavoro sono state utilizzate immagini satellitari ad una scala 1/1000, così da dividere tutta l'area dell'AMP in 15 immagini. Per isolare gli alberi è stata usata la tecnica della segmentazione utilizzando la tecnica del K-means Clustering con codici scritti in Matlab [6]. Questa tecnica si basa sulla constatazione che il verde delle chiome degli alberi si distingue chiaramente dalle loro ombre, dalla sabbia, dalle strade e dagli edifici. Pertanto vengono convertite le immagini dallo spazio RGB a quello L*a*b* costituito da 3 layer: un layer di luminosità (L), uno di cromaticità a che indica dove il colore ricade lungo l'asse rosso-verde e un layer di cromaticità b

che indica dove il colore ricade lungo l'asse blu-giallo. Tutte le informazioni sui colori sono nei layer a e b e si può misurare la differenza tra 2 colori usando la distanza metrica euclidea.

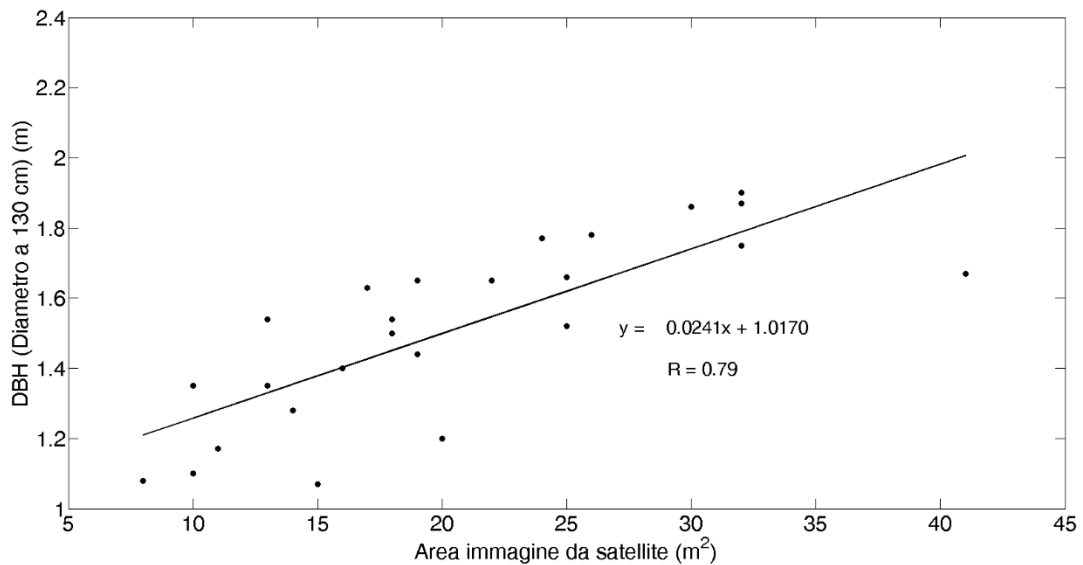


Figura 5. Scatterplot e retta di regressione tra i diametri degli alberi misurati e le aree stimate dall'immagine da satellite.

Nella figura 6 viene riportato un esempio dell'immagine iniziale della zona dell'AMP più a nord alla foce del fiume Calvano e quella frutto della prima fase di segmentazione in cui vengono identificati i diversi cluster: alberi, ombre, sabbia, edifici.

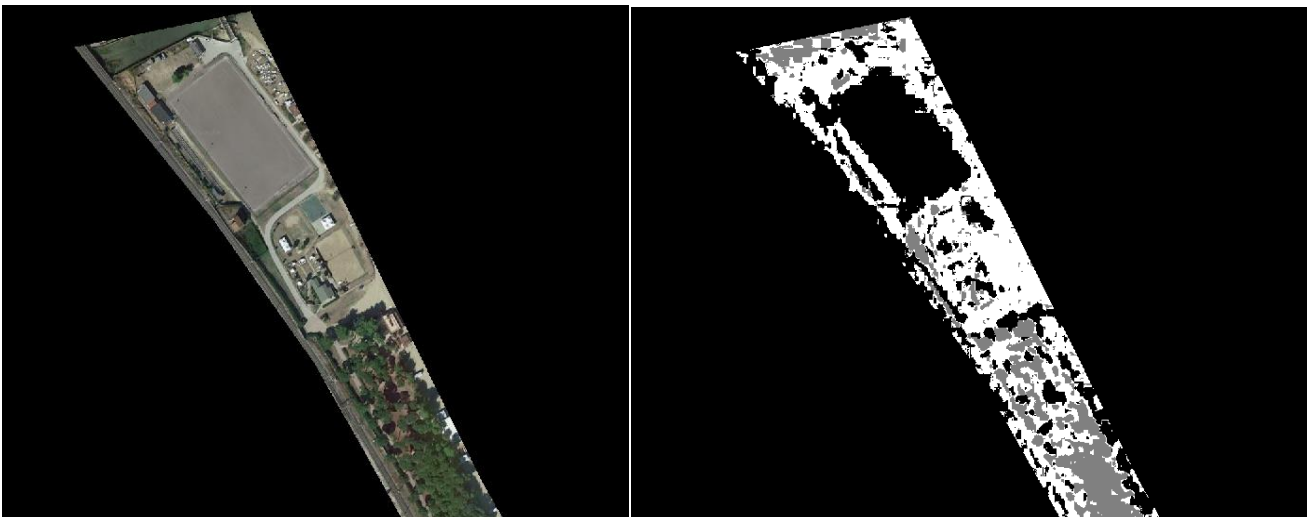


Figura 6. A sinistra l'immagine da satellite della zone più a nord dell'AMP di partenza, a destra quella sottoposta a segmentazione in cui i diversi cluster sono identificati con colori diversi

La fase successiva è quella di separare in figure diverse i vari cluster. In figura 7 viene riportato un esempio, sempre riferito alla zona della figura 6, in cui vengono identificati 3 diversi cluster ed il secondo è quello di interesse perché identifica gli alberi della pineta.

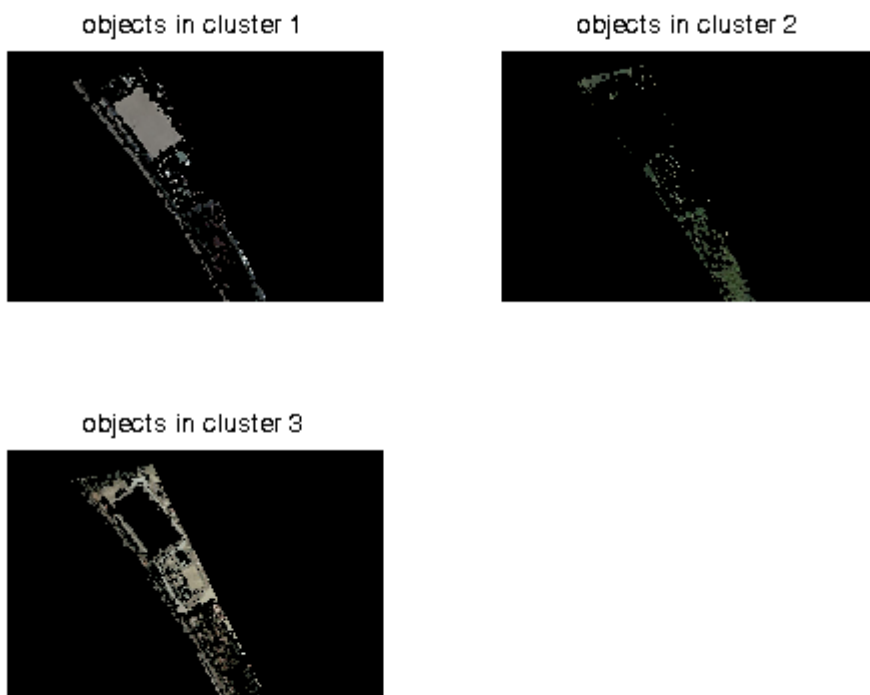


Figura 7. I tre cluster separati, in cui il secondo è quello relativo agli alberi della pineta.

In altre zone dell'AMP sono state necessarie delle segmentazioni a 4 cluster per identificare gli alberi: in figura 8 e 9 si riporta un esempio.

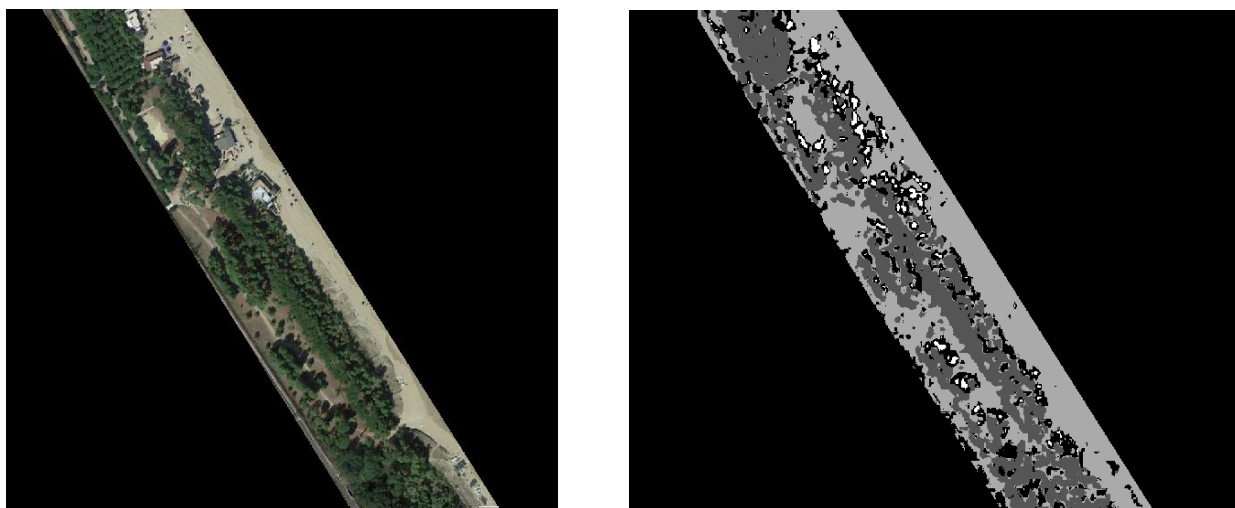


Figura 8. A sinistra l'immagine da satellite di partenza della zona tra la foce del Calvano e la Torre dell'AMP, a destra quella sottoposta a segmentazione in cui i diversi cluster sono identificati con colori diversi

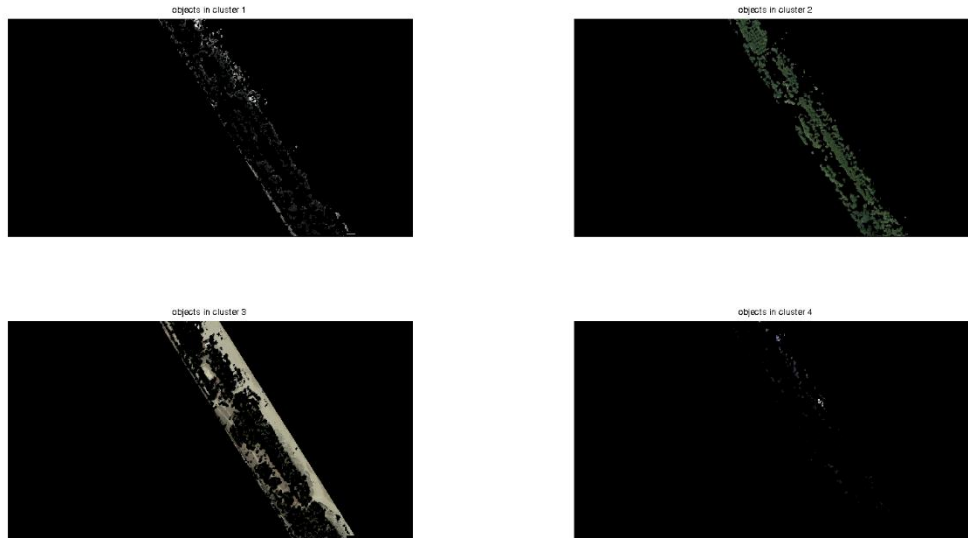


Figura 9. I quattro cluster separati, in cui il secondo è quello relativo agli alberi della pineta.

Sottoponendo a segmentazione tutte le immagini dell'AMP si è determinata l'area di tutte le chiome di tutti gli alberi presenti e dalla rette di regressione determinata in figura 5 si è potuto determinare il DBH e quindi applicare l'equazione allometrica per stimare la biomassa totale delle piante. L'equazione allometrica utilizzata è quella stabilita dalle linee guida per la stima del carbonio stoccato dalle piante definite del report dell'United States Department of Agriculture [7], in cui la biomassa al disopra del suolo (AGB) in kg è definita dalla seguente relazione:

$$AGB = \exp(b_0 + b_1 \cdot \log(DBH))$$

dove b_0 e b_1 sono 2 costanti che variano da albero ad albero e che, nel caso del pino, valgono -2.5356 e 2.4349 rispettivamente e DBH, come definito sopra, è il diametro degli alberi in cm misurato a 130 cm dal suolo. Nel nostro caso si ha che l'AGB = $2.25 \cdot 10^8$ kg; applicando la relazione dell'IPPC, che stabilisce che il carbonio immagazzinato = $0.47 \cdot AGB$, si ha che la biomassa al di sopra del suolo ha un contenuto di carbonio stoccato pari $1.06 \cdot 10^5$ t.

Oltre alla biomassa al di sopra del suolo vi è quella al disotto (BGB) costituita principalmente dalle radice degli alberi e per queste, sempre secondo le linee guida dell'United States Department of Agriculture [7], è legata a quella al disopra del suolo (AGB) dalla seguente relazione empirica valida per la nostre latitudini:

$$BGB = \exp(-1.0587 + 0.8836 \cdot \log(AGB) + 0.2840) = 5.66 \cdot 10^6 \text{ kg}$$

Nel caso dell'AMP "Torre del Cerrano" al carbonio stoccato dagli alberi va aggiunto il contributo dovuto alla vegetazione al di sotto del suolo pari a $2.66 \cdot 10^3$ t di Carbonio ($0.47 \cdot \text{BGB}$).

Attività future

Questa analisi preliminare verrà integrata dalle seguenti attività:

- 1) Poiché le equazioni allometriche utilizzati in letteratura sono diverse ed una approssimazione successiva è quella di applicare equazioni che includono anche l'altezza degli alberi. Quest'ultima verrà stimata da analisi di dati LIDAR così da raffinare la stima dell'AGB.
- 2) Analisi a campione del carbonio nel suolo per valutare la quantità di carbonio immagazzinato nel suolo.
- 3) Stima del carbonio immagazzinato dal mare.

Referenze

1. Food and Agricultural Organization. Global Forest Resources Assessment; Guidelines for Reporting to FRA; Working Paper 143; FAO: Rome, Italy, 2010.
2. IPCC, Climate Change 2013: The Physical Science Basis, 2013.
3. Jia Qi Y., T. Fung b, A. Ziegler, Review of allometric equations for major land covers in SE Asia: Uncertainty and implications for above- and below-ground carbon estimates, *Forest Ecology and Management*, 360, 323–340, 2016.
4. Tao S., Q. Guo, F. Wu, L. Li, S. Wang, Z. Tang, B. Xue, J. Liu, J. Fang, Spatial scale and pattern dependences of aboveground biomass estimation from satellite images: a case study of the Sierra National Forest, California, *Landscape Ecol.*, 31, 1711–1723, 2016.
5. Gschwantner T., Schadauer K., Vidal C., Lanz A., Tomppo E., di Cosmo L., Robert N., Englert Duursma D., Lawrence M., Common tree definitions for national forest inventories in Europe. *Silva Fennica*, 43, 2009.
6. Jose A., S. Ravi and M. Sambath, Brain Tumor Segmentation using K-means Clustering and Fuzzy C-means Algorithm and its Area Calculation, *International Journal of Innovative Research in Computer and Communication Engineering*, 2, 2, 2014.
7. Pearson T.R.H., S. L. Brown, R. A. Birdsey, Measurement Guidelines for the Sequestration of Forest Carbon, General Technical Report NRS-18, 2007.