

STIMA DELL'EROSIONE DEL SUOLO MEDIANTE LA METODOLOGIA RUSLE NELL'AREA DI BAGNARA CALABRA

A.Tavella¹, P.Ferrari¹, A.Loiacono¹, L.Spina¹, M.Conforti², S.Muto¹, P.R.Forciniti¹, P.A.Basta³, D.Modaffari⁴, F.Campolo³ e R.Dominici⁵

¹ Stagista del corso di alta formazione SIGIEC

² CNR – Istituto per i Sistemi Agricoli e Forestali del Mediterraneo (ISAFOM)

³ Libero professionista

⁴ Regione Calabria - Dipartimento Ambiente e Territorio

⁵ Università degli Studi della Calabria - Dipartimento DiBEST (Biologia, Ecologia e Scienze della Terra)

1 - Premessa

L'erosione del suolo è un processo naturale che controlla la produttività agricola dei terreni, il carico solido dei torrenti, il bilancio sedimentario delle aree costiere. Negli ultimi decenni, però l'impatto umano su questo processo ha raggiunto valori di intensità tanto che circa il 77% del territorio italiano è soggetto al rischio di erosione accelerata (*Fonte Apat*).

L'applicazione di metodologie semiquantitative per la stima dei processi erosivi costituisce uno strumento chiave per l'applicazione di politiche di gestione sostenibile del territorio ed in particolare per la definizione di interventi a medio-lungo termine per la mitigazione di rischio idrogeologico e costiero.

Nell'ambito del Corso di Alta Formazione *SIGIEC-PON1_02652/F6* è stata applicata la metodologia RUSLE (*Revised Universal Soil Loss Equation*) per la valutazione dell'erosione del suolo su 23 bacini idrografici della Calabria sud-occidentale che alimentano la sub-unità fisiografica della Costa Viola compresa tra il Porto di Scilla a Sud e il Porto di Bagnara Calabria a Nord.

La scelta dello studio di questa sub-unità fisiografica è data dal fatto che è un'area campione del Progetto SIGIEC su cui sono stati eseguiti molteplici studi tra cui anche analisi di produzione di sedimenti a scala del bacino idrografico mediante l'utilizzo del metodo semiquantitativo di Gavrilovic.

2 - Area di studio

L'area oggetto di studio è costituita da 23 bacini idrografici (tab. 1) ricadenti all'interno dei Comuni di Bagnara Calabria (RC) e Scilla (RC) che alimentano un'area costiera di 13 km denominata Costa Viola (fig. 1).

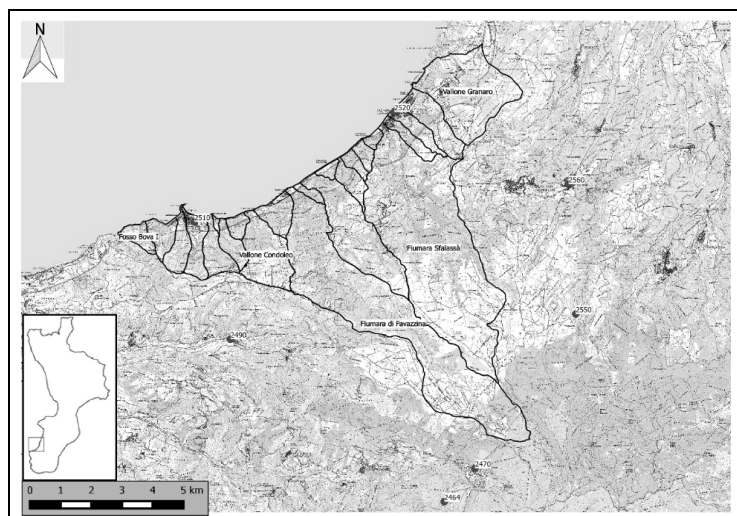


Fig. 1 - Inquadramento territoriale dell'area di studio con ubicazione geografica delle stazioni pluviometriche

L'assetto geologico-stratigrafico è stato elaborato mediante la consultazione degli studi condotti nell'ambito del progetto di Ricerca *SIGIEC* (fig. 2). In dettaglio l'area è caratterizzata da un *bed-rock* cristallino – metamorfico dell'Unità Tettonica dell'Aspromonte che, in corrispondenza degli altopiani risulta ricoperto da ghiaie e sabbie bruno – rossastre di età pleistocenica, mentre lungo la piana costiera è obliterato da una spessa successione di origine alluvionale. Di conseguenza, la successione litostratigrafica locale, partendo dai litotipi più antichi verso quelli più recenti può essere così schematizzata:

- Scisti e paragneiss biotitici bruno – nerastri (Paleozoico)
- Gneiss occhiadini quarzoso feldspatici (Paleozoico)
- Rocce acide biotitiche (Paleozoico)
- Ghiaie e sabbie bruno – rossastre (Pleistocene)
- Depositi alluvionali e di piana litorale stabilizzati (Olocene)
- Depositi alluvionali mobili dei letti fluviali (Attuale)
- Depositi alluvionali mobili di spiaggia (Attuale)

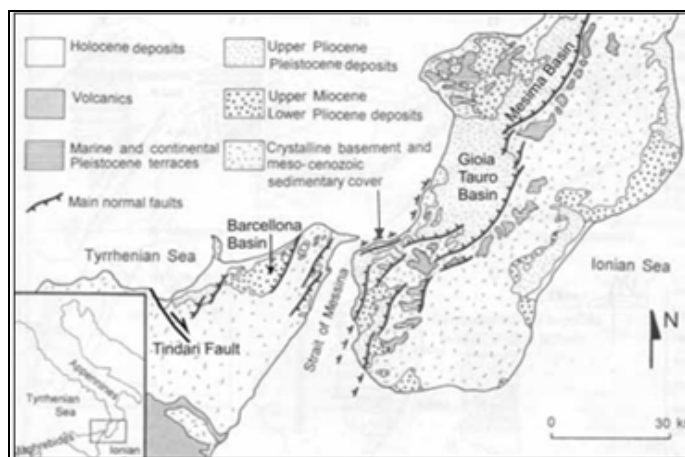


Fig. 2 – Inquadramento dell'area di interesse nell'Arco Calabro-Peloritano (Monaco et al., 1996, modificato)

COD_BACINO	NOME_BACINO	PMEDIA_(%)	QMEDIA_(M)	area km
9999	9999	dato non disp	dato non disp	11
587	Fiumara di Favazzina	32,90	876,79	2046
592	Fiumara Sfalassà	27,10	786,17	2403
581	Fosso Annunziata	34,23	324,70	156
1328	Fosso Bagnara Calabria I	31,28	332,83	113
1327	Fosso Bagnara Calabria II	27,09	347,19	93
577	Fosso Bova I	55,92	256,54	83
579	Fosso Cucullo	54,88	263,18	114
586	Fosso Favagrega I	50,24	290,80	143
580	Fosso Marina Grande	53,98	330,46	134
584	Fosso Piano Sciridà	57,94	231,45	58
1321	Fosso Pietra del Corvo III	48,99	317,90	51
1326	Fosso S. Luca	55,86	122,11	32
591	Torrente Acqua della Signora	56,67	297,45	55
593	Torrente Gaziano	30,68	392,19	247
589	Torrente Mancusi	26,98	666,65	640
590	Torrente Praia Longa	42,15	418,06	103
588	Torrente Rustico	54,97	240,09	36
1320	Valle Fusco	55,14	94,38	36
585	Vallone Condoleo	26,67	527,95	372
596	Vallone Granaro	20,35	456,96	774
582	Vallone Oliveto	48,16	413,22	147
583	Vallone Sciridà	55,96	380,24	99

Tab.1 - Bacini oggetto di studio

3 -Metodologie e analisi

Tra le procedure di stima dei processi erosivi noti in letteratura, quella utilizzata all'interno del lavoro è stata l'equazione universale per la perdita di suolo, nota come **USLE** (*Universal Soil Loss Equation*) e la sua evoluzione **RUSLE** (Renald *et al.*, 1991). Quest'ultima applicata ai 23 bacini oggetto di studio ha permesso di redigere per gli stessi, le mappe di erodibilità, evidenziando le zone più suscettibili al fenomeno erosivo e fornendo anche una stima di massima della quantità di suolo eroso.

Il modello RUSLE stima la perdita di suolo media annua per unità di superficie attraverso la seguente equazione analitica (Wischmeir e Smith, 1978):

$$A = R * K * LS * C * P \quad (1)$$

A=perdita di suolo annuo per unità di superficie (t/ha/yr)

R=fattore di erosività delle precipitazioni(Mj*mm/ha*yr)

K=fattore di erodibilità dei suoli(t*ha*h/ha*Mj*mm)

LS=fattore lunghezza-pendenza (adimensionale)

C=fattore di copertura vegetale e del suolo(adimensionale)

P=misure di controllo per prevenire l'erosione (adimensionale)

Il modello RUSLE è stato applicato in ambiente GIS, con un approccio *raster*, suddividendo ogni bacino di studio in unità territoriali quadrate (celle) di lato 5 m (DTM, Centro Cartografico Regionale). In ognuna delle celle individuate, sono stati calcolati tutti i fattori del metodo e, tramite l'applicazione dell'equazione (1), è stato possibile ricavare il valore della perdita di suolo media annua (A).

Il fattore R definisce l'influenza del clima sui fenomeni erosivi, unita all'effetto dell'azione meccanica delle precipitazioni, del deflusso superficiale sia laminare che per rigagnoli (Bosco & Olivieri, 2008). Esso non dipende tanto dalla quantità assoluta delle precipitazioni quanto dalla frequenza e dall'intensità delle stesse ed è un fattore unico per tutti i 23 bacini idrografici. Per la stima del fattore R esistono diverse metodologie. Considerate le ridotte dimensioni dei bacini, in confronto alla scarsa di distribuzione spaziale dei pluviometri, è stata scelta la formula di Arnolds (1980) ed applicata ai singoli bacini.

$$R = 4.17 \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{P^2}{P} \right) - 152 \quad (2)$$

dove:

p: precipitazione cumulata mensile (mm),

P: precipitazione cumulata annuale (mm).

I dati relativi alle piogge medie e mensili sono stati ricavati da 7 stazioni pluviometriche (fonte ARPACAL; tab.2), attive da almeno 10 anni, ricadenti all'interno ed in prossimità dei bacini di interesse.

Stazioni Pluviometriche	Codice
Stazione di Basilicò	2464
Stazione Gambarie d'Aspromonte	2470
Stazione di San Roberto	2490
Stazione di Scilla	2510
Stazione di Bagnara Calabria	2520
Stazione di Scifà	2550
Stazione di Sinopoli	2560

Tab.2- Stazioni Pluviometriche in prossimità dei bacini di interesse

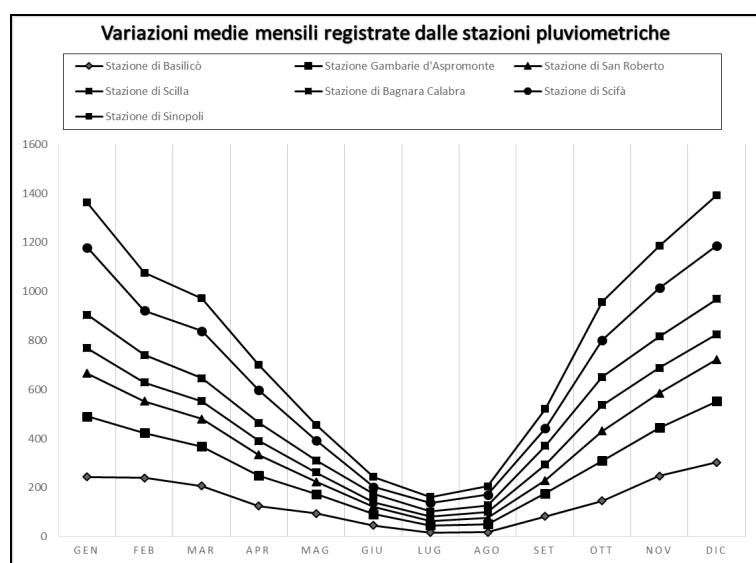


Fig. 3 - Grafico rappresentativo dei valori mensili relativi alle stazioni pluviometriche di interesse

Il fattore K riflette la tendenza di un suolo ad essere eroso, per la sua valutazione bisogna conoscerne le caratteristiche chimico-fisiche.

Per ogni bacino K è stato determinato sulla base dei valori di tessitura (ARSSA, 2003) e sostanza organica (Carta del contenuto in sostanza organica (ARSSA, 2003) presenti nell'area, ed attraverso la combinazione delle due è stato ricavato il valore (ARS-USA, 1975).

Sostanza organica	Tessitura	Valore assegnato K
Molto elevata	Moderatamente grossolana	0,12
Media	Grossolana	0,085
Media	Moderatamente grossolana	0,15
Molto elevata	Grossolana	0,06
Molto elevata	Moderatamente fine	0,23
Molto elevata	Media	0,34
Media	Media	0,41
Scarsa	Moderatamente grossolana	0,15
Media	Moderatamente fine	0,38

Tab. 3- Valori di K assegnati dalla combinazione delle varie classi di tessitura e sostanza organica presenti nei bacini

Il fattore LS rappresenta rispettivamente lunghezza (L) e pendenza (S) del versante. La lunghezza è definita come la distanza orizzontale dal punto in cui si origina il deflusso superficiale al punto in cui il gradiente di pendenza decresce sufficientemente da dare inizio alla deposizione, oppure al punto in cui il deflusso si concentra in un canale ben definito (Wischmeier W.H., Smith D.D., 1978). La pendenza, invece, regola la velocità del flusso attraverso la forza di gravità, di conseguenza è direttamente

proporzionale all'erosione.

LS è stato calcolato tramite il *software* SAGA GIS attraverso il modulo LS Factor, tramite il metodo Moore et, al., (1991). Il fattore C riflette gli effetti della vegetazione e delle pratiche agricole sull'erosione del suolo. Per la realizzazione dello strato informativo del fattore C sono state utilizzate le ortofoto di altissima risoluzione (*pixel size* 20 cm) del Centro Cartografico-Regione Calabria. Inoltre sono state elaborate delle ortofoto mediante l'utilizzo del *software Racurs Photomod v.5.23* prodotto dalla società russa Racurs e distribuito in Italia dalla Eurobit, che ha fatto sì di analizzare visivamente, mediante occhiali 3D attivi e passivi, le aree interessate e le zone specifiche di studio. E attraverso, la facilità d'uso di questo Sw, si è riusciti ad effettuare un'analisi approfondita dei siti, estrapolando quelle informazioni e i dati fondamentali alla stesura di questa ricerca. Utilizzando i fotogrammi (*pixel size* 27 cm) del Centro Cartografico-Regione Calabria. Le ortofoto sono state fotointerpretate realizzando una carta dell'uso del suolo utilizzando il sistema di classificazione *Corine Land Cover* (2006) – Livello 3 (Rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale, ISPRA). In tab.4 vengono riportate le tipologie di uso del suolo ed i valori di C assegnati.

Uso del suolo	Valore assegnato
Spiagge, dune, sabbie	1
Tessuto urbano discontinuo	0.002
Boschi di latifoglie	0.042
Sistemi colturali temporanee/o permanenti	0.410
Boschi misti	0.0583
Aree a pascolo naturale e praterie d' alta quota	0.008
Bosco rado	0.008
Seminativi in aree non irrigue	0.450
Frutteti	0.400
Vigneti	0.400
Alveo fluviale e aree sondabili	0
Aree prev. Occupate da colture agrarie	0.450
Frutteti e frutti minori	0.410
Uliveti	0.410
Sistemi colturali complessi	0.410
Aree prev. occupate da colture agrarie con spazi naturali importanti	0.1
Aree a vegetazione boschiva e arbustiva in evoluzione	0.020
Aree a pascolo	0.040
Aree con vegetazione rada	0.700
Prati adibiti a pascolo	0.006
Aree a vegetazione sclerofila	0.360

Tab. 4 - Valori del fattore C in funzione della classe di uso del suolo

Il fattore P rappresenta il contributo delle pratiche antierosive sulla perdita di suolo. Le pratiche colturali contemplate nell' U.S.L.E, per ridurre l'erosione, sono il terrazzamento (*terracing*), la coltivazione secondo le linee di livello (*contouring*) e la coltivazione a strisce interrotte (*strip cropping*). P è un parametro adimensionale, con valori compresi tra 0 e 1. A causa dell'assenza, nei bacini analizzati, di interventi antierosivi, il fattore P è stato considerato pari ad 1.

Di seguito vengono riportati i valori finali per ogni bacino, ottenuti applicando il metodo *RUSLE*, secondo i criteri classificativi proposti da Stone e Hilborn (2000).

Bacini d'interesse	Valore medio RUSLE t/ha/y	Classe di erosione proposta da Stone e Hilborn (2000)
VALLONE GRANARO	98.60	SEVERA
TORRENTE GAZIANO	133.92	SEVERA
FOSSO BAGNARA CALABRA I	48.88	SEVERA
FOSSO BAGNARA CALABRA II	43.84	SEVERA
FIUMARA SFALASSA'	52.87	SEVERA
FOSSO SAN LUCA	35.36	SEVERA
TORRENTE ACQUA DELLA SIGNORA	36.90	SEVERA
FOSSO PIETRA DEL CORVO III	9.32	BASSA
TORRENTE PRAIA LONGA	177.75	SEVERA
VALLE FUSCO	194.87	SEVERA
TORRENTE MANCUSI	91.23	SEVERA
TORRENTE RUSTICO	23.24	ALTA
FIUMARA DI FAVAZZINA	473.68	SEVERA
FOSSO FAVAGRECA I	97.34	SEVERA
FOSSO MARINA GRANDE	25.98	ALTA
FOSSO ANNUNZIATA	22.06	ALTA
VALLONE CONDOLEO	81.09	SEVERA
FOSSO PIANO SCIRIDA'	91.71	SEVERA
VALLONE OLIVETO	34.98	ALTA
9999	54.00	SEVERA
FOSSO CUCULLO	11.06	MODERATA
VALLONE SCIRIDA'	82.41	SEVERA
FOSSO BOVA I	16.20	MODERATA

Tab. 5 - Risultati finali dall'applicazione del modello RUSLE

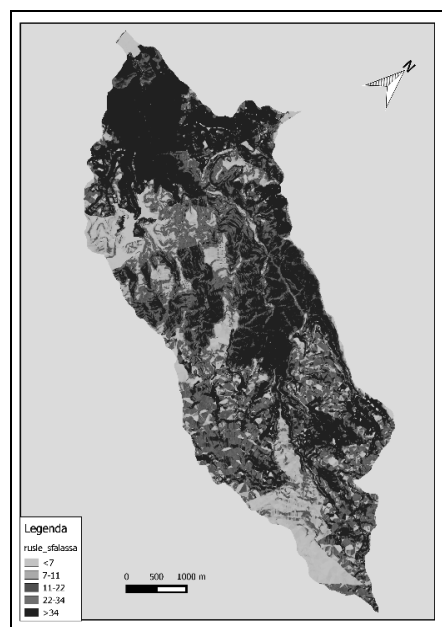


Fig. 4 - RUSLE Fiumara Sfalassà classificata secondo Stone e Hilborn (2000)

4 - Conclusioni

L'applicazione di tale modello ai 23 bacini della Costa Viola ha permesso di redigere le mappe di erodibilità, evidenziando le zone più suscettibili al fenomeno erosivo e fornendo anche una stima di massima della quantità di suolo eroso.

Il valore medio per l'intera area è pari a 84.23 t/ha/y con un valore massimo 473.68 t/ha/y nella F.ra di Favazzina (fig.5) e minimo di 9.32 t/ha/y nel Fosso Pietra del Corvo III

Dalla mappa dell'erodibilità è possibile trarre indicazioni per la pianificazione di eventuali azioni di mitigazione dei fenomeni erosivi.

L'applicazione del modello RUSLE ha permesso di valutare gli ordini di grandezza degli apporti sedimentari nella sub-unità fisiografica presa in esame.

L'applicazione dell'equazione *RUSLE* per la stima di erosione del suolo ha evidenziato alcune criticità connesse alla reperibilità, precisione e dettaglio dei dati e strutturali relativi all'utilizzo della *RUSLE* per un assetto territoriale come quello rappresentato dai 23 bacini della Costa Viola.

- La Carta del contenuto in sostanza organica e della tessitura che sono in scala 1:250000 (ARSSA);
- Il numero di stazioni pluviometriche risulta basso e spesso per sopperire alla mancanza di dati diretti da applicare ai metodi di interpolazione GIS vengono utilizzati dati provenienti da stazioni pluviometriche ubicate al di fuori dei limiti fisiografici dei bacini presi in esame;
- Il modello *RUSLE* non considera tra i fattori che controllano l'erosione del suolo i processi gravitativi che in aree come quella di studio rappresenta uno dei principali di produzione di sedimento;
- Nel presente studio non sono stati fatti sopralluoghi al fine di rilevare e caratterizzare la presenza di pratiche agricole per il fattore P;
- Molte aree classificate come aree coperte da suolo nella carta della tessitura (ARSSA,2003) in realtà sono costituite da roccia. L'utilizzo della suddetta carta a scala 1:250.000 determina una sovrastima del fattore K e quindi la produzione di sedimenti.

Il modello non permette di considerare processi di erosione lineare intensa che si attuano lungo gli impluvi (gully erosion).

Sulla base di questi elementi il metodo *RUSLE* come tutti i modelli semiquantitativi ha necessità di rilievi ed analisi di dettaglio per giungere alla stima di perdita di suolo. Tale modello, costruito per la stima dell'erosione del suolo in aree agricole, concettualmente non si adatta alla valutazione dei processi d'erosione a scala di bacino per aree come quella di studio. Processi gravitativi come ad esempio frane, erosioni lineari ed assenza di suolo sono in molti casi degli elementi e processi che controllano l'erosione a scala del bacino idrografico.

Questa criticità viene evidenziata in modo univoco confrontando il valore di erosione del suolo elaborato dal metodo *RUSLE* per la Fra Sfalassà con la stima calcolata con il modello di Gavrilovic calibrato attraverso modelli idraulici ed analisi storiche di eventi critici. Il valore di erosione secondo la *Rusle* è di 52.87 t/ha/y circa 2,8 volte inferiore alla stima secondo Gavrilovic (Auddino et al., 2014)

Bibliografia

APAT (2002) – “Atlante delle opere di sistemazione dei versanti”, Manuali e linee guida 10/2002, Dipartimento difesa del suolo.

Arnoldus H.M.J. (1980) – “An approximation to the rainfall factor in the Universal Soil Loss Equation” in: De Boodt, Gabriels (Eds) Assessment of erosion, Wiley, New York

Bosco C. and Olivieri S., 2008. “Natural Hazard Report Chapter 3: Soil Erosion in the Alpine Space.” In *Strategic INTERREG III B Project CLIMCHALP: Climate Change, Impacts and Adaptation Strategies in the Alpine Space*, 1–55.

Auddino M, Dominici R, Viscomi A (2014),” *Stima della produzione dei sedimenti della Fiumara Sfalassà mediante l'utilizzo del metodo di Gavrilovic in ambiente GIS (Calabria sud-occidentale)*”

Casagrande, L., Cavallini, P., Frigeri, A., Furieri, A., Marchesini, I., Neteler, M., (2012)- “*GIS Open Source GRASS GIS, Quantum GIS e SpatialLITE*”. Dario Flaccovio Editore

Dainelli, Niccolò (2011)- “*L'osservazione della terra Fotointerpretazione Metodologie di analisi a video delle immagini digitali per la creazione di cartografia tematica*”. Dario Flaccovio Editore.

Monaco c., tortorici l., nicolich r., cernobori & l. Costa m., 1996a - *From collisional to rifted basins: an example from the southern calabrian arc (italy)*. Tectonophysics, 226, 233–249

Noti, V., (2014)-“*GIS Open Source per la geologia e l'ambiente Analisi e gestione dei dati territoriali e ambientali con QGIS*”. Dario Flaccovio Editore.

Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., Porter P.J. (1991) – “*RUSLE – Revised Universal Soil Loss Equation*”, Journal of Soil and Water Conservation. Jan-Feb, pp. 30-33

Renard K.G., Meyer L.D., Foster G.R. (1997) – *“Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)”*, United States Department of Agriculture - Agricultural Research Service – Handbook n. 703 – United States Government Printing Office, Washington, DC, pp. 407

Stone R.P., Hilborne D. (2000) – *“Universal Soil Loss Equation”*, Ministry of Agriculture, food and rural affairs. Wischmeier W.H., Smith D.D. (1978) – *“Predicting rainfall erosion losses: A guide to conservation planning”*. United States Department of Agriculture – Handbook No. 537. United States Government Printing Office, Washington, DC