

Strumenti di ottimizzazione e controllo degli sfalci per la manutenzione e prevenzione della sicurezza su canali e fiumi

Andrea Lugli (a), Alessandro Seravalli (a), Ilihc Ghinello (b)

(a) Geo-SmartLab-SIS.TER, via Selice 84a Imola (BO), tel. 0542.364030, fax 0542.367917, e-mail a.seravalli@sis-ter.it

(b) Consorzio della Bonifica Renana, via S. Stefano, 56 (BO), tel. 051.295111, fax 051.295270, e-mail segreteria@bonificarenana.it

Riassunto

Nella nota si descrive il funzionamento di una procedura GIS sviluppata per il calcolo delle superfici sfalciate da mezzi operatori che si muovono lungo le rive di corsi d'acqua.

L'area campione considerata è ricompresa nel distretto di pianura del Consorzio della Bonifica Renana, in provincia di Bologna.

I dati di input sono rappresentati dal reticolo dei canali e dai tracciati registrati dai GPS a bordo dei mezzi operatori, con associate informazioni relative allo sfalcio.

Dopo una semplificazione del tracciato si calcolano le distanze tra punti successivi all'interno di una sequenza di eventi.

La distanza totale tra due eventi è associata alla tratta e inserita in tabella output, insieme alle posizioni delle proiezioni sulla tratta degli eventi iniziale e finale, alle caratteristiche del mezzo operatore, oltre che chiaramente alla superficie sfalcata.

I risultati sono resi fruibili tramite un webgis integrato in una piattaforma DSS (Decision Support System) con la finalità di fornire uno strumento per l'ottimizzazione delle operazioni di sfalcio.

Abstract

This note is about a GIS procedure developed for the calculation of the surfaces mowed by tractors moving along channel banks.

The considered sample area is included in the plain district of the Consorzio della Bonifica Renana (a land reclamation and drainage authority), in the province of Bologna (Italy).

Input data consists in a network of channels and in the tracks recorded by GPS on board of the tractors, with associated information about the mowing.

After a simplification of the path, the procedure calculates the distances between a point and the subsequent one within a sequence of events.

The total distance between two events is associated to a section of the network and inserted in the output table, along with the positions of the projections on the route of the initial and final events, some data about the tractor and of course the mown surface.

Final results are made available through a webGIS application integrated into a DSS (Decision Support System) platform in order to provide a tool for the optimization of mowing operations.

Introduzione

L'attività di manutenzione dei canali di bonifica è costituita dallo sfalcio e decespugliamento delle sponde e delle arginature e dallo spurgo e dalla ripresa di frane all'interno degli alvei, mentre l'intervento di manutenzione straordinaria consiste nel rizezionamento dell'intera sezione idraulica dei cavi consortili. Spesso inoltre il Consorzio di Bonifica è chiamato per interventi straordinari o tramite appositi accordi, a svolgere l'attività di manutenzione e sfalcio anche per gli argini del sistema idrografico principale. La manutenzione degli argini ha il duplice scopo di rendere più

salubri i territori e limitare situazioni di impedimento al deflusso degli alvei con evidenti problemi di esondazione nel caso di piene.

Questa attività impegna persone e mezzi e costituisce un importante lavoro sul campo portato avanti dal Consorzio che necessitava pertanto di strumenti di monitoraggio volti ad una migliore ottimizzazione e ad una corretta documentazione delle attività svolte.

L'area campione considerata è ricompresa nel distretto di pianura del Consorzio della Bonifica Renana, in provincia di Bologna.

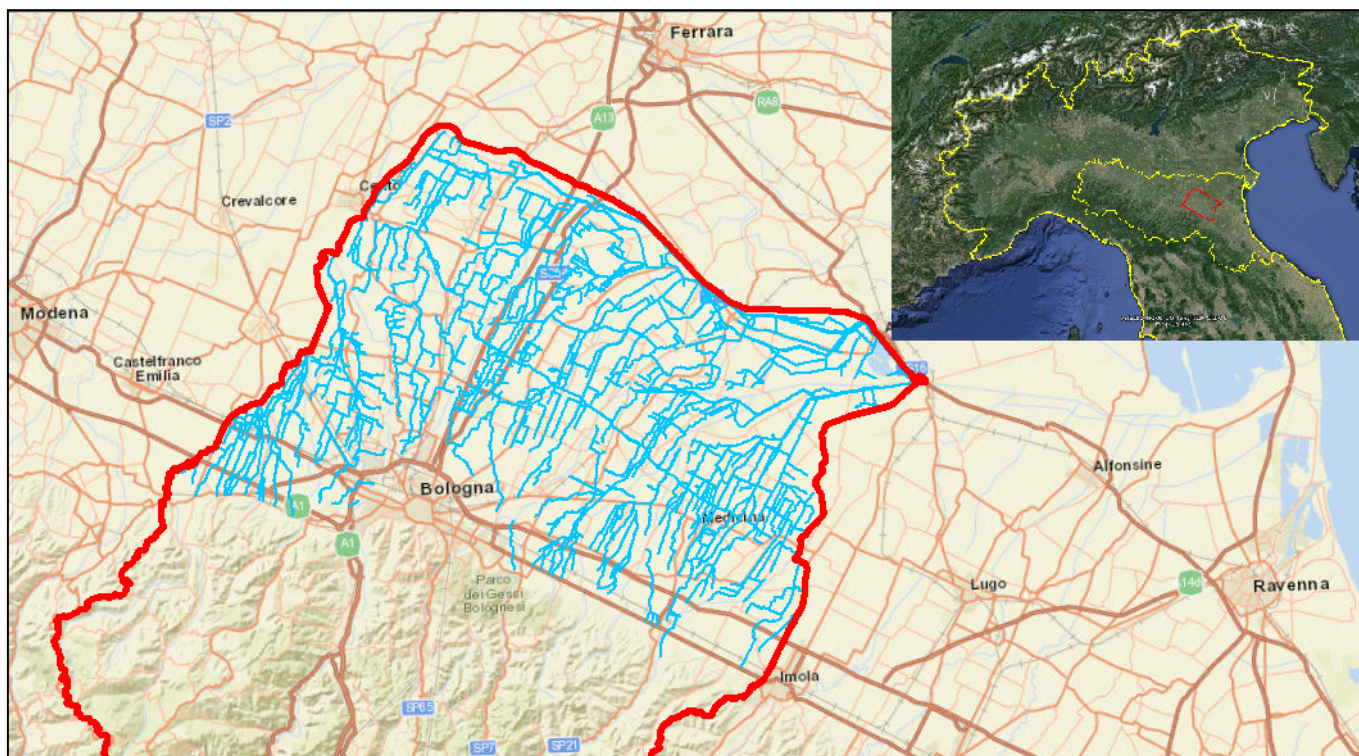


Figura 1. Area interessata dalla sperimentazione, sostanzialmente corrispondente al distretto di pianura del Consorzio della Bonifica Renana, in provincia di Bologna. Rappresentato in rosso il confine del Consorzio, in azzurro il reticolo dei corsi d'acqua interessati dagli sfalci. Scala 1:500.000.

Per rispondere a queste esigenze si è sviluppata una procedura GIS in ambiente .NET ArcObjects (ESRI, 2012), i cui risultati sono poi resi fruibili dinamicamente tramite un webgis integrato nella piattaforma di business intelligence di SIS.TER srl, CityOmnis.

La procedura GIS consta di poco meno di un migliaio di righe di codice e, a livello di algoritmo, è eventualmente portabile anche in ambiente open source.

I dati di input sono rappresentati dal reticolo dei corsi d'acqua e dai tracciati registrati dai GPS a bordo dei mezzi operatori, con associate le informazioni relative allo sfalcio.

Più in dettaglio, posizioni GPS e informazioni relative allo sfalcio risiedono in due diverse tabelle (in seguito chiamate "tabella posizioni" e "tabella sfalci"), collegate tra loro da una relazione che prevede come campi chiave il codice del mezzo operatore e l'intervallo temporale di sfalcio.

Il reticolo corrisponde all'asse dei corsi d'acqua (canali, scoli, fossi e fiumi) il cui sfalcio è in carico al Consorzio, si estende per circa 1.800 km ed è segmentato geometricamente in più tratte sia in corrispondenza delle intersezioni che di cambiamento di attributi caratteristici, quali ad esempi la presenza di argini e l'eventuale tombatura.

Tra trattori ed escavatori il Consorzio ha a disposizione 35 mezzi operatori che sfalciano le rive muovendosi lungo gli argini, le carraie e le strade vicinali adiacenti ai corsi d'acqua.

Il conducente registra in un sistema automatico l'ora d'inizio e fine dell'attività, il codice del mezzo operatore, la tratta del reticolo associata allo sfalcio e la riva sfalciata.

I mezzi sono equipaggiati con ricevitori GPS Queclink GV300, caratterizzati da una precisione planimetrica nominale inferiore a 2.5 m, con possibilità di scendere sotto i 2 m in modalità SBAS (Queclink, 2016).

Il GV300 è inoltre dotato di un accelerometro triassiale, che consente di migliorare il posizionamento e di integrarlo in assenza di segnale GPS (Queclink, 2016).

Nonostante per il momento non si siano ancora effettuate verifiche sperimentali dell'effettiva precisione del ricevitore in condizioni operative standard, è possibile ritenere che questa sia comunque tale da consentire il posizionamento all'interno dell'argine (o strada) lungo il quale si muove il mezzo, anche considerando il degrado comportato da una sfavorevole geometria satellitare e da effetti di multipath.

La posizione viene registrata ogni 10 secondi e successivamente trasmessa in formato NMEA al server di back end del Consorzio tramite protocollo @Track con connessione GSM.

A livello operativo i dati di input risiedono nel database MySQL del Consorzio, la tabella di output è invece in un database PostgreSQL, collegata alla piattaforma di business intelligence.

Semplificazione del tracciato

In figura 2 è rappresentata una sequenza di posizioni GPS, acquisita da un mezzo operatore che si muove lungo un argine: i punti non si posizionano ordinatamente uno dietro l'altro lungo l'asse dell'argine ma vi si discostano spesso, sia per gli spostamenti durante l'attività di sfalcio che per imprecisioni nella misura.

Non disponendo della cartografia a grande scala e delle caratteristiche (ad esempio larghezza di un argine nei suoi diversi tratti) di tutti i percorsi (argini, rive di fossi, strade vicinali) lungo i quali solitamente si muovono i mezzi operatori, tranne in casi evidenti non è possibile stabilire a priori se una posizione GPS apparentemente anomala all'interno di un tracciato sia legittima o meno (cioè dovuta ad uno spostamento del mezzo per andare a sfalcare meglio una certa zona oppure ad un errore nella misura).

Si consideri ad esempio che ad una cartografia alla scala 1:25.000, come quella del Database Topografico della Regione Emilia-Romagna, è associato un errore di graficismo di 5 m, maggiore di quello delle misure GPS. Indicativamente effettuare una reiezione degli outlier GPS tramite considerazioni spaziali rispetto alla cartografia dei percorsi sarebbe appropriato solo considerando un denominatore di scala inferiore a 10.000 (corrispondente ad un errore di graficismo di 2 m).

Dato quindi che la precisione del posizionamento è migliore di quella della cartografia dei percorsi che si ha a disposizione è necessario ragionare rispetto alla sequenza stessa delle posizioni GPS.

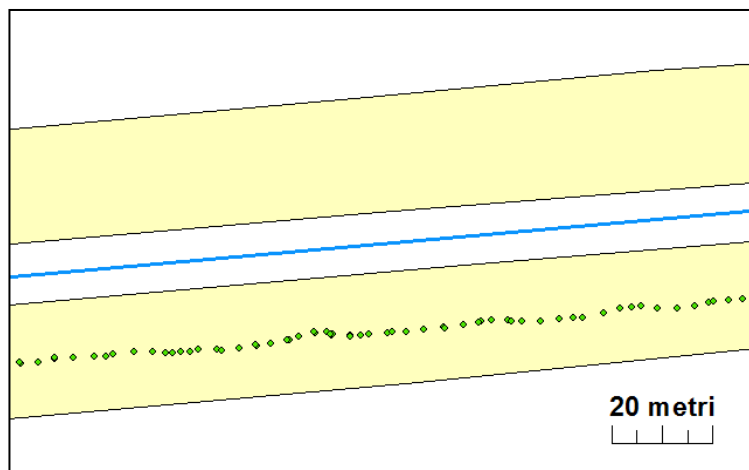


Figura 2. Sequenza di punti GPS (in verde) lungo un argine. Il reticolo, corrispondente all'asse del corso d'acqua, è rappresentato in blu. Gli argini, in giallo, corrispondono alla classe ARG del Database Topografico della Regione Emilia-Romagna.

Come noto (ad esempio Perera, Soares, 2010) è possibile ricostruire una traiettoria a partire da una sequenza di posizioni tramite il ricorso ad un filtro di Kalman ma la sua implementazione in ambiente GIS sarebbe stata troppo dispendiosa a questo livello di sperimentazione.

D'altro canto considerare semplicemente il tracciato che si costruisce rettificando la sequenza delle posizioni GPS al posto della cartografia dei percorsi non modificherebbe sostanzialmente i termini del problema, dato che il grado di corrispondenza della rettificazione al percorso si confonde con la precisione del posizionamento. Si sono comunque effettuate alcune prove che hanno evidenziato come aumentare il grado di rettificazione comporti un numero significativo di falsi positivi mentre al contrario una maggiore aderenza alla sequenza delle posizioni di fatto non risulti efficace.

Per questi motivi si è preferito ricorrere ad una semplificazione del tracciato tramite considerazioni riguardo alla congruenza tra la successione delle posizioni del mezzo operatore e l'ordinamento delle distanze.

La prima condizione che si è posta, esemplificata in fig. 3, prevede che lungo un tracciato rettilineo due punti consecutivi a livello di ordinamento in tabella posizioni siano tra loro più vicini di due punti non consecutivi.

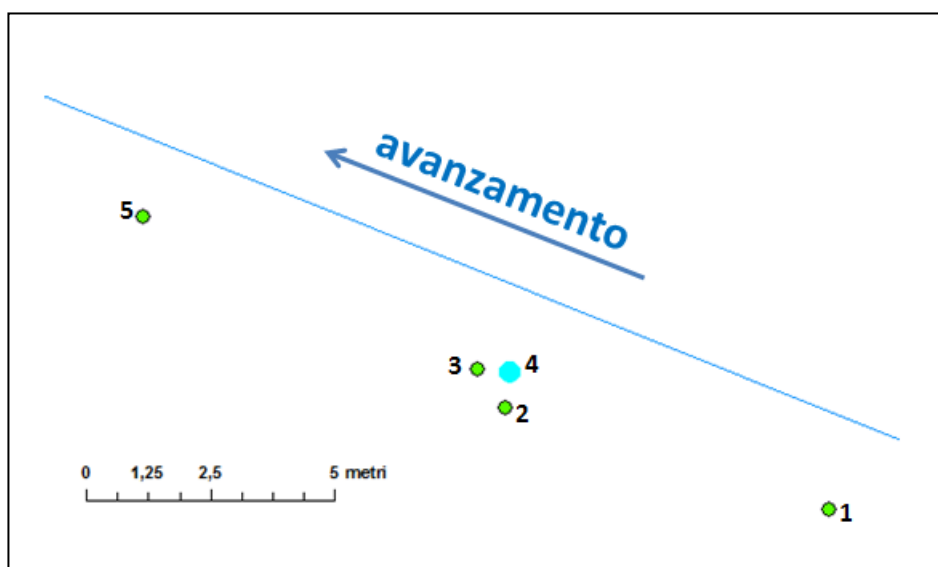


Figura 3. Nel riquadro a sinistra il punto 4, evidenziato in azzurro, risulta essere più vicino del 3 al punto 2 e per questo, considerata la direzione di avanzamento della sequenza, viene contrassegnato in tabella posizioni come outlier e quindi escluso dal processamento. Il reticolo dei corsi d'acqua è rappresentato in blu.

Una seconda condizione consiste in un filtro angolare che consente di escludere dal processamento cuspidi eventualmente presenti nell'andamento del tracciato.

Prevede che l'angolo di direzione calcolato come arcotangente tra due punti consecutivi non possa presentare differenze maggiori o minori di una certa soglia rispetto all'andamento delle congiungenti con i punti precedenti e successivi.

Soglie parametriche

Oltre al filtro angolare sono presenti anche altre soglie parametriche, sia rispetto alla velocità del mezzo che alla sua distanza rispetto alla tratta del reticolo più vicina.

La condizione rispetto alla velocità del mezzo consente di escludere dal calcolo gli spostamenti tra uno sfalciatore e l'altro, nel senso che se il mezzo si muove più veloce della soglia si presume che in quel momento non possa essere operativo.

La velocità è calcolata a runtime considerando la distanza tra due posizioni successive e il relativo intervallo temporale, noto dalla differenza degli istanti di acquisizione.

Il criterio della soglia rispetto alla distanza dalla tratta è analogo, si presuppone che il mezzo non possa essere effettivamente operativo quando è distante più di tanto dalla tratta alla quale lo sfalciatore è associato. Di default questa distanza è 50 m, valore individuato anche considerando che la tratta corrisponde all'asse del corso d'acqua mentre il mezzo si muove lungo gli argini. Per il momento questo valore non è associato alla singola tratta ma è uguale per tutte.

Calcolo della distanza

Da un punto di vista algoritmico la procedura GIS è organizzata in due cicli, principale e secondario, annidati uno dentro l'altro e relativi rispettivamente alle tabelle sfalciatori e posizioni.

Per ogni sfalciatore (primo ciclo) si itera su tutte le posizioni associate (secondo ciclo) recuperate tramite un cursore di ricerca, per poi passare allo sfalciatore successivo e così via.

Ad ogni iterazione sulla tabella posizioni si calcola la distanza tra un punto e quello successivo all'interno di una sequenza di eventi, tramite la formula della distanza pitagorica tra punti.

Analogamente, sempre considerando la posizione dei punti vicini a quello corrispondente al cursore dell'iterazione, si calcolano gli angoli di direzione delle congiungenti e la velocità del mezzo.

La posizione dei punti, che in tabella input è riportata in coordinate geografiche WGS84, tramite una trasformazione a runtime ad ogni iterazione sulla tabella posizioni è espressa nel sistema UTM 32 ETRS 89, sia per consentire l'utilizzo della formula della distanza che per uniformarsi al sistema di coordinate del webgis di fruizione.

Si considera trascurabile rispetto alla precisione della misura GPS l'errore di "quantizzazione" comportato dai limiti del protocollo NMEA, che prevedendo un massimo di 9 cifre per la longitudine e 8 per la latitudine, fa sì che le coordinate geografiche trasmesse, una volta trasformate in cartografiche, a seconda della posizione risultino approssimate indicativamente al decimetro (Gomez Gil et al., 2013).

Gli eventi possono essere rappresentati dall'inizio/fine dello sfalciatore, da un trigger del conducente relativo all'operatività del mezzo, da un cambio di tratta oppure dal superamento di una delle soglie.

La distanza totale tra due eventi è quindi calcolata come sommatoria delle distanze tra i diversi punti compresi tra questi e risulta quindi essere anche significativamente maggiore della distanza lineare lungo la tratta.

Questa distanza è poi associata alla tratta e inserita in tabella output, insieme alle posizioni delle proiezioni sulla tratta dei relativi eventi iniziale e finale, alle caratteristiche del mezzo operatore, oltre che chiaramente alla superficie sfalciata.

La tabella di output è organizzata per tratte, nel senso che ogni riga corrisponde all'associazione di una tratta del reticolo ad una coppia di eventi, iniziale e finale.

Una stessa tratta può quindi comparire più volte in associazione a diverse sequenze di eventi consecutive.

Sostanzialmente quindi l'algoritmo effettua una segmentazione dinamica i cui risultati sono riportati a livello logico (le geometrie del reticolo non vengono ulteriormente spezzate in corrispondenza degli eventi) nella tabella di output.

L'identificazione della tratta alla quale associare le informazioni avviene sia per prossimità rispetto alle posizioni GPS che tramite associazione con il codice inserito dall'operatore in campagna, riportato nella tabella sfalci.

E' necessario considerare anche il codice tratta per risolvere sia le intersezioni del reticolo che situazioni di ambiguità determinate dalla presenza di più tratte vicine ad una sequenza di punti che solo per prossimità potrebbero non risultare tutti associati univocamente alla stessa tratta.

D'altro canto considerare anche la relazione spaziale è indispensabile perchè non sempre le tabelle input sono compilate in maniera completa e corretta, oltre che per il funzionamento della soglia parametrica rispetto alla distanza.

Calcolo della superficie

La superficie sfalciata scritta in output è calcolata moltiplicando la distanza lineare associata alla tratta per la larghezza dello sfalci, riportata in tabella sfalci.

La larghezza dello sfalci non corrisponde alla dimensione della trincia ma è determinata anche considerando le condizioni operative del mezzo.

Tipicamente un trattore monta la trincia posteriormente (fig. 4 riquadro di sinistra) e questa sfalcia parallelamente alla direzione di avanzamento, mentre un escavatore (fig. 4 riquadro di destra), avendo la lama montata al posto della benna lavora trasversalmente.



Figura 4. Diverse condizioni operative tipiche dello sfalci effettuato da trattori (a sinistra) ed escavatori (a destra).

Conclusioni

L'esecuzione della procedura è pianificata in modo che avvenga ogni notte sui dati del giorno stesso, saltando le domeniche e le giornate nelle quali non si è sfalciato.

I risultati sono resi fruibili tramite un webgis integrato in una piattaforma DSS (Decision Support System) all'interno del sistema già implementato ed in uso presso il Consorzio di Bonifica. In tal senso si pone come un cruscotto geografico in cui è possibile analizzare per tipologia di sfalcio, per mezzo o per periodo le aree interessate, visualizzando ed esportando i dati nei formati più comuni.

Bibliografia (in ordine alfabetico degli autori)

ESRI 2012. ArcGIS Desktop: Release 10.2.2. Redlands, California (USA): Environmental Systems Research Institute.

Gomez-Gil J., Ruiz-Gonzalez R., Alonso-Garcia S. e Gomez-Gil F.J., "A Kalman filter implementation for precision improvement in low-cost GPS positioning of tractors", Sensors 2013, 13, 15307-15323; doi:10.3390/s131115307

Perera L.P. e Soares .C.G., "Ocean Vessel Trajectory Estimation and Prediction Based on Extended Kalman Filter", ADAPTIVE 2010 : The Second International Conference on Adaptive and Self-Adaptive Systems and Applications.

Queclink, www.queclink.com/GV300, pagina visitata il 15-07-2016.