

ANALISI GEOSTATISTICA DELLA DISTRIBUZIONE TERRITORIALE DELLE AZIENDE PRODUTTRICI DELLA VITE E DELL'UTILIZZO DI FITOFARMACI NELLA REGIONE PIEMONTE

Francesco G. Truglia¹, Roberto Gismondi², Marina Macchia³, Maria Grazia Magliocchi⁴, Daniela Pagliuca⁵,

Keywords: territorializzazione SAU, SAU a vite e uso fitosanitari, analisi geostatistiche, interpolazione spaziale.

SOMMARIO

Il lavoro si propone di presentare alcune tecniche statistiche per le analisi dei dati georeferiti che, integrate con l'approccio GIS (*Geographic Information System*), consentono di ampliare il contenuto informativo di dati provenienti da fonti diverse (censimento agricoltura 2010, rilevazione fitosanitari 2014/2015, censimento popolazione 2011, ecc.) ed afferenti a diverse unità di rilevazione in tal modo è possibile: i) descrivere il tipo di processo spaziale che caratterizza la disposizione territoriale delle unità di analisi; ii) individuare le possibili relazioni tra le unità di analisi e tra le loro rispettive localizzazioni; a partire dall'analisi variografica e utilizzando l'interpolatore *Indicator kriging* (*Ik*); iii) 'disegnare' una mappa teorica della probabilità di territorializzazione della Superficie Agricola Utilizzata (SAU), della SAU a vite e della superficie trattata con fertilizzanti.

1. Introduzione

Anche in Italia, come nel resto dell'Europa, il settore agricolo è al centro di importanti cambiamenti che hanno modificato in modo radicale il tessuto socio-economico delle aree rurali. I principali fattori di tale mutamento vanno ricercati nel nuovo scenario internazionale e, in particolare, nelle politiche che a livello europeo hanno messo a fuoco obiettivi non più, o non esclusivamente, finalizzati alla sola produzione, ma anche alla tutela dell'ambiente, alla sensibilizzazione per i cambiamenti climatici e alla generazione di bioenergie.

Inoltre, sembrano ormai evidenti gli effetti della globalizzazione che hanno indebolito le tradizionali forme di relazioni sociali ed economiche che connotavano l'identità dei luoghi di produzione. Questa perdita di identità investe sicuramente anche l'agricoltura: il settore maggiormente legato ai luoghi.

¹ ISTAT, Via Cesare Balbo, 16-00100, Roma e-mail: truglia@istat.it (corresponding author)

² ISTAT, Via Cesare Balbo, 16-00100, Roma e-mail: gismondi@istat.it

³ ISTAT, Via Cesare Balbo, 16-00100, Roma e-mail: m.macchia@istat.it

⁴ ISTAT, Via Cesare Balbo, 16-00100, Roma e-mail: magliocchi@istat.it

⁵ ISTAT, Via Cesare Balbo, 16-00100, Roma e-mail: pagliuca@istat.it

Lo studio si articola in quattro fasi. Nella prima, oltre a descrivere le basi dati utilizzate è stato posto l'accento sull'importanza di disporre di informazioni puntuali per le analisi spaziali. Nella seconda, è descritta la metodologia, dedicando una particolare attenzione all'interpolatore spaziale *Indicator kriging*. Nella terza parte sono presentati i risultati dell'analisi della distribuzione territoriale delle aziende agricole, delle aziende viticole e delle aziende che fanno uso di fitosanitari. L'obiettivo di queste analisi è fornire una descrizione del tipo di processo spaziale (aggregativo, casuale o repulsivo) che presiede alla localizzazione di queste tipologie aziendali. Infine, nella quarta fase, si è cercato di tracciare una mappa 'teorica' che, in termini probabilistici, dia conto delle zone di diffusione della SAU, della SAU investita a vite e delle superfici trattate con fitosanitari. Sembra importante sottolineare che, oltre ad avere una valenza scientifica, l'analisi può offrire elementi di riflessione per l'adozione di politiche strutturali a sostegno della PAC (Politica Agricola Comunitaria, 2014-2020).

2. Unità di analisi

La rilevanza degli studi territoriali nei quali si adottano tecniche di analisi geostatistiche è in gran parte connessa alla disponibilità di informazioni rilevate su una scala territoriale molto fine.

Infatti, il fattore scala in questo approccio metodologico, può produrre distorsioni che solo in parte possono essere corrette con specifici strumenti statistico-matematici.

In linea generale, più aumenta il livello di disaggregazione territoriale, più la distribuzione di un fenomeno apparirà eterogenea: "più fitta è la rete di unità in cui [l'area è] suddivisa e maggiore è il dettaglio usato per studiarla, maggiori saranno gli squilibri regionali e locali osservati" (Cole 1981/1991, 66).

Queste criticità, ampiamente studiate, sono note come 'Problema delle Unità Areali Modificabili' (Modifiable areal units problem - MAUP)⁶. In pratica, i risultati delle analisi (correlazione, regressione, ecc.) condotte sulla stessa popolazione o campione, sono influenzati dalla diversa partizione o aggregazione territoriale (regione, provincia, comune, ecc.). Ciò rende difficile valutare e distinguere la parte di variabilità connessa alla struttura del fenomeno analizzato da quella legata alla dimensione dell'aggregazione territoriale.

In generale, e rinviando per approfondimenti alla letteratura riportata in bibliografia, due sono gli effetti distorsivi connessi alla MAUP. Il primo è di natura statistica e riguarda la variazione delle unità di analisi dovuta alla dimensione delle ripartizioni. Il secondo, è di natura geografica e investe la scelta dei criteri geometrici di aggregazione delle unità elementari.

È evidente, da quanto detto, che il problema delle unità areali modificabili è connesso a quello della fallacità ecologica analizzato da Robinson nel 1950 (King, Rosen e Tanner, 2004), che mette in guardia circa la 'tendenza' ad estendere a dati individuali le relazioni tra variabili riscontrate su dati aggregati.

La possibilità quindi di disporre di dati puntuali risolve alla radice le criticità connesse alle analisi ecologiche e consente di aggregare i dati ed individuare i *pattern* spaziali che prescindendo da partizioni amministrative, non rispondono a esigenze di natura politico-amministrativa, ma sono il risultato di analisi statistiche che portano ad individuare aree connotate in relazione a specifiche variabili socio-economiche e culturali.

3. Fonti e dati

Le analisi sono state precedute da una lunga fase di preparazione dei dati. In particolare, oltre alle usuali operazioni di ricodifica dei dati (calcolo di indici, rapporti, ecc.) è stato necessario integrare

⁶ Il problema della MAUP è centrale nelle analisi spaziali e non è possibile fornire in questa sede una trattazione esaustiva per la quale si rimanda ai lavori di Cliff e Ord (1988), Arbia (1989), Unwin (1989).

l'informazione statistica con quella geografica mediante procedure di georeferenziazione e geocodifica.

I dati di partenza sono:

- numero aziende agricole, orientamento tecnico economico, SAU, SAU investita a vite, informazioni sulla localizzazione delle aziende → Censimento agricoltura 2010 – ad oggi gli unici in grado di garantire dati statistici strutturali per ogni azienda italiana con superfici a vite;
- Centri abitati, dati demografici e altimetrici → censimento popolazione 2011;
- Superfici trattate con fitosanitari → indagine sull'utilizzo di fitosanitari. Per l'annata agraria 2015/2016 questa indagine ha come universo di riferimento proprio le aziende con superfici vitate.

Per quanto riguarda l'informazione geografica sono stati utilizzati i seguenti *layer* o strati tematici:

- Basi territoriali con confini amministrativi delle province, dei comuni e delle sezioni di censimento (Istat 2011);
- Grafo delle autostrade;
- Localizzazione delle aziende agricole per sezione di censimento.

4. Metodologia

Gli strumenti utilizzati per le analisi sono quelli messi a punto nell'ambito della geostatistica e, più precisamente, della *Point Data Analysis* (Cressie, 1993). Per la descrizione della configurazione spaziale sono state calcolate le statistiche centrografiche che danno conto sia dei baricentri territoriali, sia della dispersione spaziale e della direzione verso la quale tale dispersione è maggiore (deviazione standard dell'ellisse, *SDE*) e per i quali si rimanda ai testi riportati in bibliografia.

Inoltre, per valutare il tipo di processo spaziale (casuale, aggregativo o repulsivo) che presiede la distribuzione territoriale delle aziende agricole, si è utilizzata la statistica di Ripley che nella sua versione linearizzata (Ripley, 1981; Levine, 1996, 2002) può essere scritta nel seguente modo:

$$L(d_s) = \sqrt{\frac{K(d_s)}{\pi}} - d_s \quad [1]$$

Senza entrare nei dettagli statistico-matematici, basti in questa sede ricordare che questo indice confronta la distribuzione osservata con quella teorica calcolata sotto l'ipotesi di casualità, per cui valori di:

- $L(d_s) < 0 \rightarrow$ distribuzione dispersa;
- $L(d_s) = 0 \rightarrow$ distribuzione casuale;
- $L(d_s) > 0 \rightarrow$ distribuzione aggregata.

Un secondo *step* del processo di analisi riguarda la modellazione di superfici. A tale scopo, a partire dalla SAU, sono state utilizzate specifiche tecniche di interpolazione spaziale e in particolare dell'*Indicator kriging* (*Ik*). Si tratta di una tecnica impiegata nelle scienze naturali e ancora poco utilizzata nell'ambito delle discipline economiche e sociali. Uno dei motivi di questo ritardo è attribuibile alla scarsa disponibilità di dati georeferenziati relativi ai fenomeni socio-economici (Boselli, Truglia, Zeli, 2014). La vasta gamma di interpolatori spaziali può essere suddivisa in due categorie: della prima fanno parte i modelli deterministici, nei quali la componente spaziale ha un significato esclusivamente geografico ed è espressa in termini di vicinanza fisica tra le osservazioni; la seconda categoria comprende i modelli statistici noti in letteratura come *kriging* (Banerjee e Gelfand, 2004) nei quali la dimensione spaziale è resa operativa in termini di autocorrelazione tra le osservazioni. La modellazione con il *kriging* si articola in due fasi:

- nella prima, oltre alle consuete esplorazioni dei dati e alla descrizione della loro distribuzione, si procede allo studio della variabilità spaziale e quindi dei 'meccanismi' che presiedono la diffusione

territoriale del fenomeno di interesse. Lo strumento utilizzato a tale scopo è il variogramma, o semivariogramma⁷ che consente di individuare:

1. le tendenze di fondo o strutturali di grande scala (*trend*);
2. la componente locale o di piccola scala, imputabile ad errori di misura spazialmente correlati;
3. l'errore residuo o 'rumore di fondo' (errori spazialmente non correlati).

La funzione di *variogramma* mette quindi in relazione la variabilità con la dimensione spaziale (distanza tra i punti di osservazione) e la direzione geografica (Anisotropia).

- la seconda riguarda la procedura di interpolazione spaziale con il *kriging*. A partire dalle informazioni ottenute dall'analisi del variogramma si procede alla modellizzazione dei dati e quindi alla stima di 'superfici teoriche' (Ciottoli e Finoia, 2005).

Tra i diversi interpolatori spaziali si è deciso, per le caratteristiche statistiche del fenomeno analizzato, di utilizzare l'*Indicator kriging*. Questo interpolatore ha due importanti caratteristiche che lo rendono molto flessibile:

1. non richiede che siano soddisfatte le consuete condizioni di normalità fortemente compromesse in presenza di *outliers*;
2. sebbene nato per il trattamento di variabili continue, può essere utilizzato anche nel caso in cui si operi con variabili categoriali (Bierkens e Burrough, 1993). A tale scopo è necessario ricodificare i dati in forma binaria in relazione a un valore soglia.

Sia Z , la variabile esaminata (in questo studio i valori di A_i) e s_i la posizione geografica⁸, per cui $Z(s_i)$ è la modalità della variabile Z nella località s_i . La ricodifica porta alla creazione di una variabile indicatrice $I(s;z)$ che assume i valori 1 o 0 a seconda che i valori di A_i siano maggiori o minori di 0,5. La funzione indicatrice genera, quindi, un processo stocastico intrinsecamente stazionario. La variabile aleatoria $I(s;z)$ ha infatti una distribuzione binomiale i cui parametri, scritti nei termini della statistica spaziale, sono:

- $E[s; z]=F(z) \rightarrow$ Il valori medio è quindi uguale alla funzione di ripartizione⁹;
- $Var[(Z(s_i)-Z(s_j))]=\gamma(h) \rightarrow$ La varianza delle località s_i, s_j (con $i \neq j$ e $i-j=h$ distanza tra i siti) è uguale al *variogramma* che, come dimostrato [Gaetan, 122], può essere scritto nel seguente modo:

$$\gamma(h)=F(z)-Pr\{Z(s_i)\leq z_k, Z(s_j)\leq z \quad [2]$$

È bene sottolineare che l'*Ik* non stima i valori della variabile indicatrice in un certo punto, ma il valore della funzione di ripartizione $F(z)$ in corrispondenza del valore soglia:

$$I^*(s_0; z_k)=E[s_0; z_k | n] \quad [3]$$

dove n è il numero di siti s_i vicini a s_0 che influenzano la stima di $Z(s_0)$. La stima della variabile indicatrice per un determinato valore soglia è:

$$I^*(s_0; z_k)=E[s_0; z_k | n]=Prob[Z(x_0)\leq z_k | n] \quad [4]$$

La funzione di *kriging* per variabili indicatrici fa parte, quindi, degli interpolatori lineari e può essere scritta nel seguente modo:

⁷ Il Semivariogramma è uguale al variogramma/2.

⁸ In questo studio il baricentro geografico dell' i -esimo comune è espresso in latitudine e longitudine.

⁹ $E[s; z]=1 \cdot Prob[Z(x)\leq z]+0 \cdot Prob[Z(x)> z]=Prob[Z(x)\leq z]=F(z)$.

$$I^*(s_0; z_k) = \sum_{i=1}^n \lambda_i(s_i; z_k) I(s_i, z_k) + [1 - \sum_{i=1}^n \lambda_i(s_i)] F(z) \quad [5]$$

dove $\lambda_i(s)$ sono i pesi attribuiti alla soglia e si ottengono applicando i moltiplicatori di Lagrange ad un sistema di equazioni sotto la condizione che la somma dei pesi sia uguale a 1:

$$\sum_{j=1}^n \lambda_{ij}(s; z_k) \gamma_{ij} + \phi(s) = \gamma_{i0}(h; z_k) \quad i = 1, 2, \dots, n \quad [6]$$

$$\sum_{i=1}^n \lambda_i(s) = 1$$

Dove:

i e j (con $i \neq j$) rappresentano rispettivamente il sito i -esimo e j -esimo situati ad una distanza h ;

$\phi(s) \rightarrow$ moltiplicatore di Lagrange;

$\gamma(s) \rightarrow$ funzione di variogramma.

5. Dati di contesto

Nel 2010, al 6° Censimento dell'agricoltura, le aziende agricole attive in Piemonte sono 67.148, pari al 4,1% del totale nazionale; la Superficie Agricola Totale (SAT)¹⁰ è di 1.299,0 kmq e la SAU di circa 1.401,8 kmq pari, rispettivamente, al 7,6% e al 7,8% delle corrispondenti superfici nazionali. La dimensione media delle aziende è di 0,15 kmq, la metà delle aziende ha una dimensione uguale o minore di 0,07 kmq. La distribuzione presenta quindi una forte asimmetria a sinistra (Tab.1).

Rispetto al Censimento del 2000, nel 2010 si registra una diminuzione generalizzata nel numero delle aziende (-36,8%); in particolare, nelle province di Asti e Alessandria dove questa diminuzione si aggira intorno al 50%.

Sempre rispetto al 2000, diminuisce l'estensione della SAU e della SAT (-5,4% e -10,9%); uniche eccezioni sono le province di Vercelli e Verbano Cusio-Ossola per le quali si ha un aumento della SAU (4,8% e 11,5%) e della SAT (14,9% e 1,3%).

A Cuneo spetta il primato sia come numero di aziende (37% del totale regionale) che come peso della SAU (31%) e della SAT (32%).

Tabella 1 - Aziende, SAU e SAT per provincia. Piemonte, Anni 2000 e 2010, valori assoluti e percentuali

	2010										
	Torino	Vercelli	Novara	Cuneo	Asti	Alessandria	Biella	Verbano- Cusio- Ossola	Piemonte	Nord - Ovest	Italia
Aziende (N)	14.249	2.677	2.643	24.847	8.767	10.723	1.897	1.345	67.148	145.243	1.620.880
SAU (kmq)	26	1.062	630	3.131	677	1.617	274	445	10.108	20.970	128.560
SAT (kmq)	2.637	1.286	701	4.171	835	2.014	343	1.003	12.990	27.460	170.811
Variazioni 2010/2000											
Aziende	-35,2	-14,7	-22,4	-30,7	-50,8	-47,4	-14	-8,4	-36,8	-34	-32,4
SAU	-12,6	4,8	-0,7	-5,3	-9,1	-5,1	-4,4	11,5	-5,4	-6,5	-2,5
SAT	-27,4	14,9	-1,8	-8,8	-16,4	-7,6	-8,8	1,3	-10,9	-12,2	-9
Aziende agricole coltivate a vite											

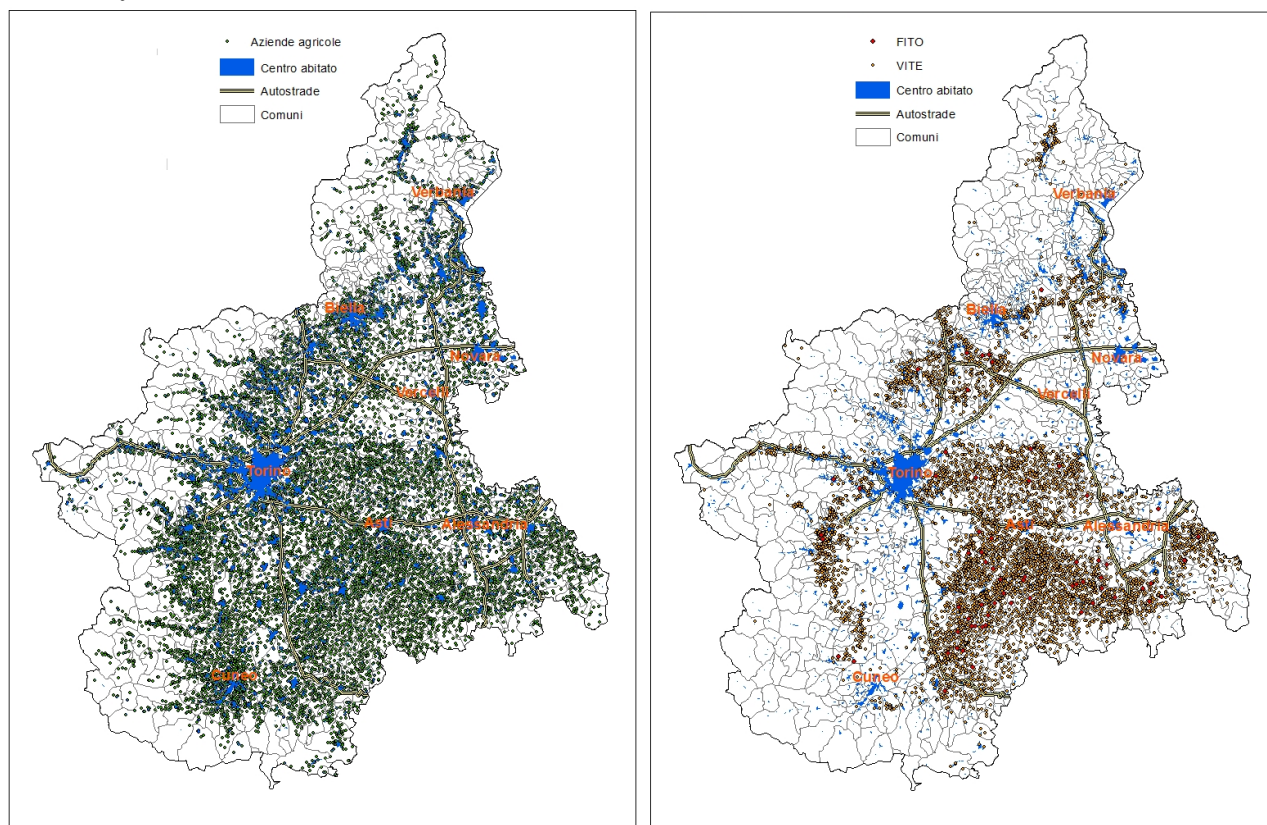
¹⁰ Si è deciso di esprimere le superfici in kmq e non in ettari come è consuetudine per allineare in tal modo i dati con gli output delle analisi.

Aziende (N)	2.352	207	378	6.221	5.810	4.569	431	107	%	22.925	152.012
SAU (kmq)	17,41	2,23	7,32	161,27	165,29	130,15	3,48	0,38	487,53	729,03	7181,07
SAT (kmq)	17,61	2,29	7,45	167,07	166,9	133,75	3,5	0,41	498,98	771,27	7605,84

Sono oltre 20 mila le aziende viticole piemontesi, pari ad un terzo del totale delle aziende della regione e a circa il 13% delle omologhe aziende italiane.

La superficie destinata alla coltivazione della vite è di 460 kmq: poco meno del 5% dell'intera SAU regionale. Queste coltivazioni sono concentrate prevalentemente tra le provincie di Cuneo, Asti ed Alessandria. Si tratta, come noto, delle zone collinari delle Langhe che vantano una lunga e consolidata tradizione vitivinicola di qualità (Fig.1).

Figura 1 - Distribuzione territoriale delle aziende, delle aziende viticole e delle aziende che hanno utilizzato fitosanitari



6. L'utilizzo di fitofarmaci nella regione Piemonte, annata agraria 2014/2015

L'indagine sull'utilizzo dei prodotti fitosanitari nelle coltivazioni agricole viene svolta annualmente in conformità alle disposizioni del Regolamento CE n. 1185/2009 del Parlamento Europeo e del Consiglio, al fine di poter disporre di dati relativi all'uso di pesticidi.

In Italia l'indagine comprende due rilevazioni campionarie annuali nelle quali viene chiesto alle aziende agricole di indicare l'utilizzo dei prodotti fitosanitari in due coltivazioni agricole selezionate per l'anno di riferimento.

Risponde il conduttore, o un delegato di tutte le aziende agricole che coltivano una delle due colture stabilite. Il periodo di rilevazione è nei mesi di novembre e dicembre di ciascun anno e la rilevazione è realizzata mediante intervista telefonica effettuata da rilevatori adeguatamente formati. L'intervista raccoglie dati riguardanti l'azienda, la superficie aziendale, i trattamenti fitosanitari eseguiti e i prodotti fitosanitari utilizzati. In particolare viene richiesto alle aziende di indicare le quantità dei prodotti fitosanitari utilizzate nelle coltivazioni di indagine.

Con riferimento all'annata agraria 2014/2015, l'universo di riferimento è stato quello delle aziende con superfici a pomodoro e a vite.

In questo lavoro vengono analizzati i dati delle aziende che coltivano vite con riferimento all'annata agraria 2014-2015.

Nella Tabella 2 sono presentati i dati dell'indagine campionaria sull'utilizzo dei fitofarmaci con riferimento al Piemonte .

Tabella 2 - Dati indagine campionaria Istat sull'utilizzo dei fitofarmaci – Annata Agraria 2014/15

<i>Province</i>	<i>N Aziende ^(a)</i>	<i>Quantità utilizzata di prodotti fitosanitari ^(a)</i>
Torino	11	1639
Cuneo	25	4454
Asti	11	861
Alessandria	22	1895
Biella	3	65
Totale	72	8913

(a) Dati indagine campionaria 2015, (b) dati censimento 2010.

Per quanto concerne le quantità utilizzate, come si può vedere dalla tabella 2, Cuneo risulta la provincia piemontese in cui si utilizza un maggiore quantitativo di prodotti fitosanitari, dato atteso anche per la maggiore estensione di superficie agricola della provincia.

Ciò che risulta comunque utile è il confronto dei dati di utilizzo dei fitofarmaci con i dati ottenuti da una seconda indagine annuale svolta dall'Istat, nella quale viene richiesto a tutte le imprese che distribuiscono fitofarmaci, di indicare le quantità dei prodotti fitosanitari e dei principi attivi in essi contenuti distribuite in Piemonte per uso agricolo.

Nelle tabelle 3-5 vengono presentati i dati relativi alle due indagini sulla distribuzione dei prodotti fitosanitari per i due anni 2014 e 2015, riferiti sia ai prodotti che ai principi attivi venduti.

Analogamente a quanto osservato nella tabella 2, le tabelle 3 e 6 relative alla distribuzione nelle provincie del Piemonte, attestano una quantità maggiore di fitofarmaci venduta nella provincia di Cuneo, sia nel 2014 che nel 2015.

Nel confronto tra i dati sull'utilizzo con quelli sulle vendite dei fitofarmaci, le due tipologie possono differire per effetto degli scambi con l'estero e della possibilità di destinare a scorte parte dei fitosanitari acquistati ogni anno, anche se spesso i dati sulle vendite sono utilizzati come *proxy* dell'utilizzo.

Nel caso analizzato, i dati sulla distribuzione dei fitofarmaci in Piemonte per gli anni 2014 e 2015 confermano in pieno l'andamento di quelli sull'utilizzo e per tutte le Tabelle si può vedere che al dato rilevato nella provincia di Cuneo, in ordine di grandezza, seguono poi i dati relativi ad Alessandria, Torino, Asti e per ultima Biella.

Tabella 3 - Prodotti fitosanitari e trappole distribuiti per uso agricolo, per categoria (in chilogrammi). Dettaglio per Provincia - Anno 2014.

<i>Province</i>	<i>Fungicidi</i>	<i>Insetticidi e acaricidi</i>	<i>Erbicidi</i>	<i>Vari</i>	<i>Totale</i>	<i>Trappole (N)</i>
Torino	259.226	582.798	426.054	86.824	1.354.902	19.396
Vercelli	83.833	100.601	741.978	74.576	1.000.988	46
Novara	42.387	111.326	317.522	22.963	494.198	100
Cuneo	2.919.908	763.951	609.035	111.963	4.404.857	15.907
Asti	731.503	60.627	127.555	12.017	931.702	22
Alessandria	661.666	242.685	516.767	67.420	1.488.538	203
Biella	16.328	6.603	16.294	4.545	43.770	12
Verbano-Cusio-Ossola	1.900	1.539	3.532	405	7376	10
Piemonte	4.716.751	1.870.130	2.758.737	380.713	9.726.331	35.696

Tabella 4 - Prodotti fitosanitari e trappole distribuiti per uso agricolo, per categoria (in chilogrammi). Dettaglio per Provincia - Anno 2015.

<i>Province</i>	<i>Fungicidi</i>	<i>Insetticidi e acaricidi</i>	<i>Erbicidi</i>	<i>Vari</i>	<i>Totale</i>	<i>Trappole (N)</i>
Torino	260.117	460.887	426.391	106.641	1.254.036	101
Vercelli	149.119	91.508	745.476	80.000	1.066.103	5
Novara	59.566	83.114	353.025	38.944	534.649	11
Cuneo	3.406.800	752.644	779.680	155.709	5.094.833	844
Asti	770.085	65.304	134.118	15.811	985.318	221
Alessandria	789.683	251.095	545.165	76.479	1.662.422	1
Biella	8.501	10.280	21.252	10.109	50.142	59
Verbano-Cusio-Ossola	2.252	1.281	3.346	1.103	7.982	-
Piemonte	5.446.123	1.716.113	3.008.453	484.796	10.655.485	1.242

Tabella 5 - Principi attivi contenuti nei prodotti fitosanitari, per categoria (in chilogrammi). Dettaglio per Provincia - Anno 2014

<i>Province</i>	<i>Fungicidi</i>	<i>Insetticidi e acaricidi</i>	<i>Erbicidi</i>	<i>Vari</i>	<i>Biologici</i>	<i>Totale</i>
Torino	110.809	23.994	161.580	37.966	6.693	341.042
Vercelli	36.688	8.797	199.904	24.170	2.399	271.958
Novara	19.999	3.259	92.307	6.131	53	121.749
Cuneo	1.819.759	209.025	213.219	45.627	5.009	2.292.639
Asti	465.216	9.361	48.671	1.689	994	525.931
Alessandria	381.885	19.069	158.793	16.784	3.356	579.887
Biella	10.017	545	5.766	261	41	16.630
Verbano-Cusio-Ossola	765	118	1.100	42	1	2.026
Piemonte	2.845.138	274.168	881.340	132.670	18.546	4.151.862

Tabella 6 - Principi attivi contenuti nei prodotti fitosanitari, per categoria (in chilogrammi). Dettaglio per Provincia - Anno 2015

<i>Province</i>	<i>Fungicidi</i>	<i>Insetticidi e acaricidi</i>	<i>Erbicidi</i>	<i>Vari</i>	<i>Biologici</i>	<i>Totale</i>
Torino	98.075	33.280	168.959	40.601	6.474	347.389
Vercelli	65.796	6.731	222.795	24.375	1.459	321.156
Novara	23.984	2.866	102.847	9.514	340	139.551
Cuneo	2.099.614	241.319	290.772	64.000	6.574	2.702.279
Asti	461.316	11.223	59.124	1.991	968	534.622
Alessandria	380.578	20.635	175.831	17.064	3.792	597.900
Biella	3.820	1.121	7.533	537	53	13.064
Verbano-Cusio-Ossola	912	119	1.024	85	5	2.145
Piemonte	3.134.095	317.294	1.028.885	158.167	19.665	4.658.106

7. Statistiche centrografiche: e analisi di vicinato

La proiezione delle statistiche centrografiche sulla mappa del Piemonte consente di visualizzare la localizzazione dei baricentri e la dispersione, spaziale mettendone in risalto sia la dimensione in termini di superficie che la direzione rispetto al nord geografico (Tab.7).

Il baricentro delle aziende agricole si localizza nel comune di Villafranca d'Asti a sud est di Torino (Fig.2). È interessante notare la vicinanza, poco più di 5 km, con il baricentro degli occupati nel settore agricolo (Neviano). La prossimità tra questi due baricentri, anche alla luce della prima legge di Tobler¹¹, è un indicatore della presenza di una relazione tra la localizzazione delle aziende e i comuni di residenza degli occupati. La stessa considerazione può essere fatta per i baricentri delle aziende viticole e le aziende che usano fitosanitari che hanno i loro rispettivi baricentri nei comuni di Agliano Terme e Calosso (Asti). In posizione più isolata, a sud est di Torino, si localizza il baricentro demografico.

Le aziende agricole sono quelle con la più elevata dispersione (*SDE* più grande) e quindi sono maggiormente diffuse. Rispetto al baricentro, la distanza media delle aziende è di 46 km in direzione est-ovest e di 62 km in direzione nord-sud. E' quindi lungo questo versante che è maggiore la variabilità della SAU. L'ellisse della *SDE* delle aziende agricole si estende su un'area

¹¹ "Tutto è correlato con tutto, ma le cose vicine sono più correlate delle cose lontane" (Tobler, 1979, p. 15).

pari a 8.975 kmq, circa il 35,3% della superficie regionale e al suo interno ricade il 60,2% delle aziende alle quali corrisponde circa il 27% della SAU regionale.

È interessante notare che l'ellisse dell'*SDE* degli occupati nel settore agricolo è molto simile, sia per dimensione che per disposizione spaziale, a quella delle aziende agricole. Ciò a conferma della prossimità territoriale tra la residenza degli occupati e il luogo di lavoro.

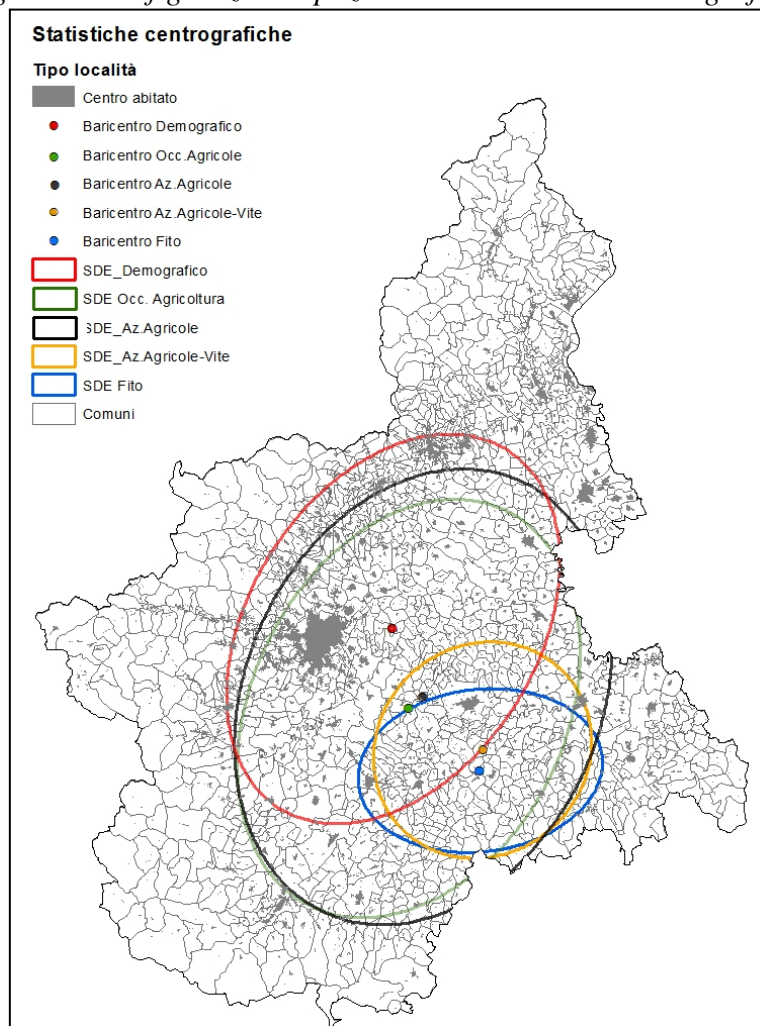
Nel caso delle aziende viticole, in primo luogo si può notare che la dispersione non presenta particolare direzione spaziale (anisotropia) e i due assi dell'ellisse sono sostanzialmente uguali. Circa metà delle aziende viticole (11.349) ricadono all'interno del perimetro dell'ellisse e la SAU è pari a 335,5 kmq: poco meno del 70% della SAU vitivinicola piemontese.

Completamente diversa è la disposizione dell'ellisse delle aziende che fanno uso di fitosanitari. In questo caso, la dispersione maggiore si manifesta passando da est a ovest. La superficie dell'ellisse è pari al 70% del totale dell'area trattata e comprende la metà delle aziende agricole che utilizzano questi prodotti.

Tabella 7 – Statistiche centrografiche

	<i>Sx (km)</i>	<i>Sy (km)</i>	<i>SDE(kmq)</i>	<i>SDE(kmq)/Sup.Piemonte</i>	<i>N Az.Ag.</i>	<i>Az.Ag.%</i>	<i>SAU (kmq)</i>	<i>SAU/SDE</i>
Az. Agricole	46	62	8.975	35,33	40.421	60,2	2.696,2	30,0
Az. Agricole a vite	29	33	3.005	11,83	11.349	55,9	335,5	11,2
Az. Agricole- Fito	34	21	2.242	8,83	33	50,0	273,0	12,2
Occupati agricoltura	59	41	7.596	29,90				
Popolazione	54	72	12.208	48,06				

Figura 2- Configurazione spaziale delle statistiche centrografiche

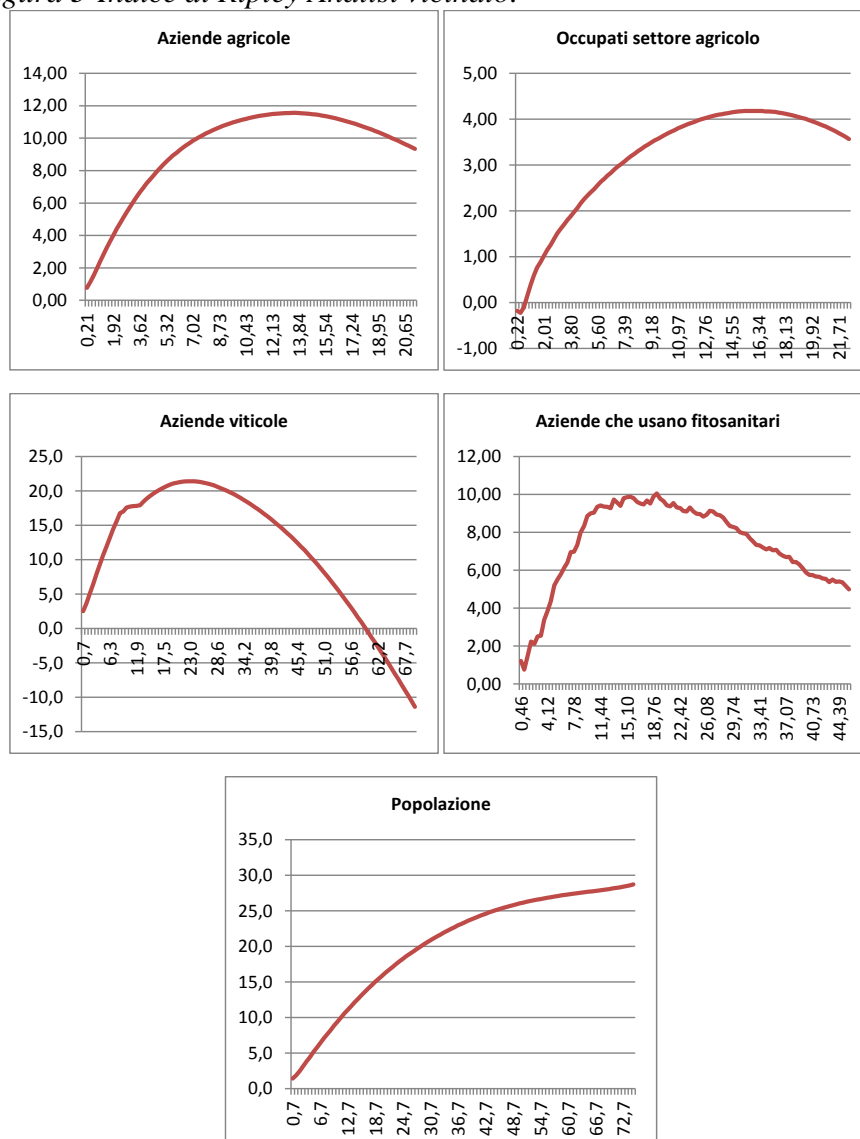


L'analisi di vicinato, condotta con la statistica proposta da Ripley (Fig. 3) segnala la presenza di un processo di 'clusterizzazione' per le aziende agricole, che raggiunge il livello massimo ad una distanza di 14 km. Un andamento simile, ma con valori dell'indice $L(d_s)$ più bassi, si registra per gli occupati nel settore agricolo. Mentre per la popolazione, la statistica di Ripley presenta un andamento crescente anche a grandi distanze, evidenziando così la persistenza del processo aggregativo¹².

Ben diversa è la configurazione spaziale delle aziende viticole e delle aziende che usano fitosanitari. Le prime presentano valori elevati della statistica $L(d_s)$ anche a piccole distanze che, tuttavia, raggiungono il massimo, con valori altissimi, a poco meno di 23 km. A circa 58 km la distribuzione è casuale e dopo tale distanza il processo diventa di tipo repulsivo.

Anche le aziende che fanno uso di prodotti fitosanitari presentano una configurazione di tipo aggregativo con diversi punti di massimo, ma tutti compresi tra 9 e 10 e tra 11 e 20 km.

Figura 3-Indice di Ripley Analisi vicinato.



¹² Sull'impiego di questa metodologia per l'analisi della distribuzione spaziale delle imprese italiane si veda G.Espa, G. Arbia, D.Giuliani (2010).

8. Mappe ‘teoriche’ della territorializzazione della produzione agricola e utilizzo di fitosanitari

Nelle analisi condotte fino ad ora, l’attenzione è stata posta sulla localizzazione delle aziende agricole; in questa sezione l’informazione oggetto di analisi è la SAU. Lo scopo è ‘tracciare’ una mappa della superficie utilizzata mettendo in evidenza continuità e discontinuità spaziali che, prescindono dai confini amministrativi, diano conto del processo di territorializzazione della produzione agricola in generale, della produzione viticola in particolare, e per quanto riguarda quest’ultima, della superficie trattata con fitosanitari¹³.

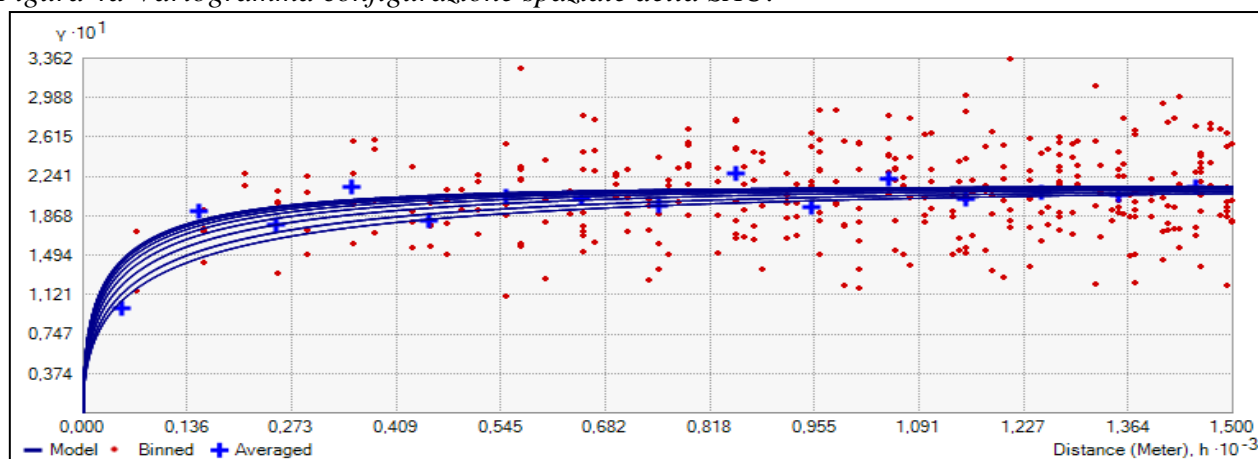
Le mappe riportate nelle Figure 4a,b,c mostrano le zone dove è maggiore la probabilità (aree rosse) di localizzazione delle aziende agricole con SAU, SAU a vite e superfici maggiormente trattate rispetto alla media regionale. Queste zone possono essere interpretate come aree di diffusione delle variabili oggetto di studio. In tal senso, quindi, le aziende agricole possono essere intese come ‘punti di osservazione’ che formano i nodi della rete territoriale della produzione agricola.

A partire da questi nodi, e dalle variabili ad esse associate, un primo importante *step* per la modellazione delle superfici è lo studio delle dinamiche spaziali tramite il variogramma (Figg. 4a,4b,4c).

Per quanto riguarda le aziende agricole nel loro complesso, la varianza è massimizzata (*sill*) ad una distanza di poco inferiore a 1,3 km (Tab.8). Per le aziende viticole il valore massimo è raggiunto ad una distanza di circa 11 km, mentre per modellizzare le superfici trattate con fitosanitari, il variogramma raggiunge il suo massimo a una distanza di poco superiore a 7,5 km.

Si noti, inoltre, che mentre il variogramma delle aziende agricole presenta una variabilità crescente anche a piccole distanze (*nugget* pari a 0), gli altri due variogrammi hanno variabilità maggiore di zero anche a distanze nulle. Ciò significa che la variabilità della SAU è elevata anche tra aziende vicine.

Figura 4a-Variogramma configurazione spaziale della SAU.



¹³ Sull'utilizzo dell'interpolazione spaziale su dati dell'agricoltura si veda C. Piccini, E. Pizzoli (2012) e S. De Iaco, L. Mariella, D. Posa (1998).

Figura 4b-Variogramma configurazione spaziale della SAU aziende viticola

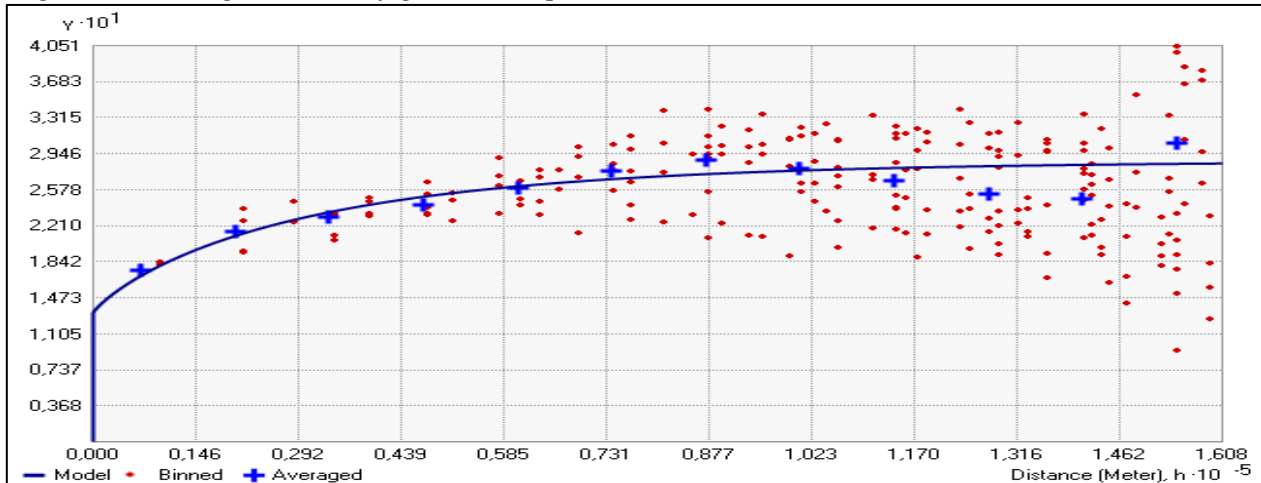


Figura 4c-Variogramma configurazione spaziale delle superfici trattate con fitosanitari.

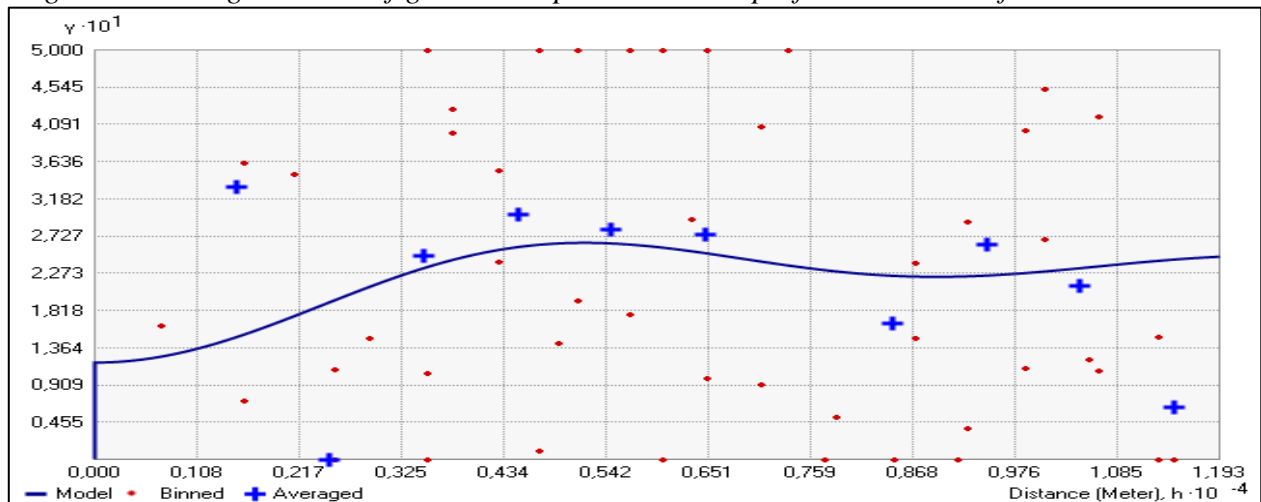
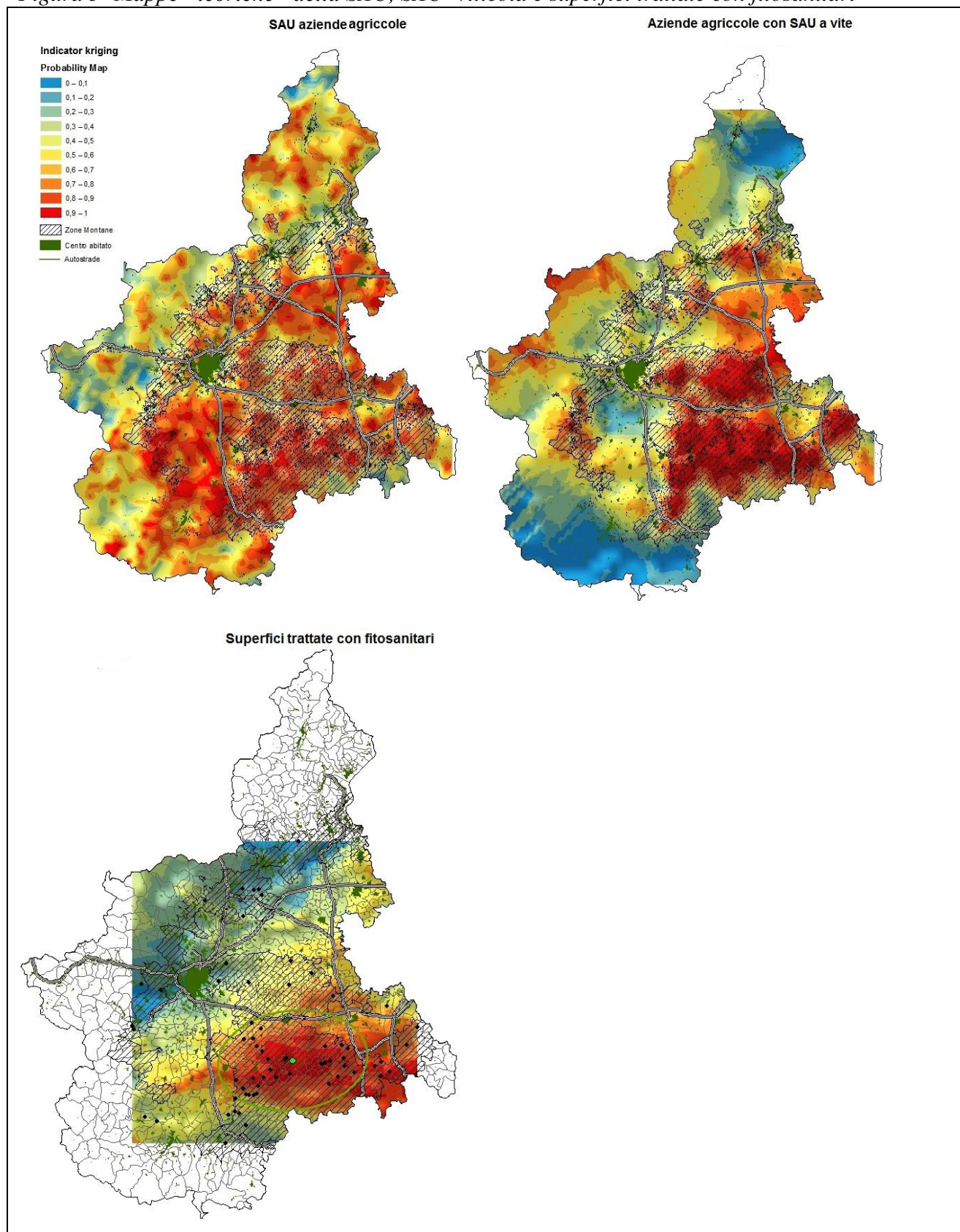


Tabella 8-Riapilogo parametri del modello di variogramma

Modello	Sferico	Sferico	Hole
Nugget	0	1,392	0,115
Raggio maggiore	1595,17	110678,7	7257,3
Asitropia	True	False	False
Raggio minore	407,16	False	false
Orientamento rispetto al nord geografico	All	False	178,59
Sill (parziale)	0,22	0,12	0,11
Lag Size	100	50	20
N° Lags	15	15	15

A partire delle informazioni dei tre variogrammi sono stati impostati i parametri per l'interpolatore *Ik*. Il risultato di questa procedura è visibile nelle tre mappe riportate di seguito (Fig. 5) nelle quali, come già accennato, alle diverse colorazioni corrispondono diversi livelli di probabilità di zone formate da SAU con un'estensione maggiore del valore medio.

Figura 5- Mappe “teoriche” della SAU, SAU- viticola e superfici trattate con fitosanitari



Per i tre modelli l'errore medio di predizione (Tab. 9) è pressoché pari a zero (errore casuale), mentre l'indice *RMS*, che misura l'accuratezza è minore dell'unità e nel caso della SAU è minore dell'indice *ASE* che fornisce una misura della variabilità e quindi dell'incertezza. È bene ricordare

che se il *RMS* è uguale all'*ASE*: il modello ha 'interpretato' correttamente i dati empirici; mentre del caso in cui $RMS > ASE$ (SAU-Vite e superficie trattate), o $RMS < ASE$, si ha una sovrastima o sottostima (SAU).

Tabella 9-Riapilogo statistiche sulla bontà di adattamento dei modelli di interpolazione spaziale

	SAU	SAU-Vite	Superfici trattate
Mean	-0,001	0,001	0,004
Root-Mean-Square (RMS)	0,464	0,383	0,523
Mean Standardized (MS)	-0,001	0,003	0,012
Root-Mean-Square Standardized	0,987	1,072	1,057
Average Standard Error (ASE)	0,470	0,355	0,497

Conclusioni

Sebbene l'agricoltura sia uno dei settori più legati al territorio, solo di recente si è intensificata l'attenzione verso il ruolo che la componente territoriale può giocare nell'analisi della struttura, delle scelte strategiche e della performance produttiva. In genere, il territorio viene utilizzato come variabile descrittiva, di sfondo, al più per stratificare le stime nella fase di diffusione dei dati, mentre solo di rado gli viene attribuito un ruolo centrale.

Rispetto a questa impostazione, il lavoro proposto in questo contesto propone una chiave di lettura del territorio come variabile attiva, che permetta di migliorare il livello conoscitivo dei fenomeni analizzati ed evidenzi similitudini e differenze comportamentali tra le diverse unità agricole altrimenti difficilmente identificabili.

Un ulteriore elemento di novità è stato dato dall'analisi congiunta dei dati di superficie per una importante coltivazione come la vite e delle stime relative all'uso di prodotti fitosanitari effettuate dalle aziende agricole piemontesi con superficie a vite.

Sotto l'aspetto metodologico, l'utilizzo di tecniche e procedure geostatistiche, e in particolare della *Point Pattern Analysis*, integrate con l'approccio GIS, ha consentito di sovrapporre diversi *layer* consentendo una lettura integrata dell'informazione geografica e di quella statistica proveniente da diverse rilevazioni. Per quanto riguarda quest'ultime, la possibilità di operare su dati georeferiti ha consentito di utilizzare specifiche tecniche di analisi che hanno fornito output informativi relativi: i) alle caratteristiche della configurazione spaziale delle unità di analisi, individuando baricentri e tendenze dell'eterogeneità spaziale; ii) al tipo di processo spaziale che presiede la localizzazione delle unità di analisi; iii) alla zonizzazione della SAU, della SAU avite e della superficie trattata con fitosanitari. L'impegno dell'interpolatore *Indicator kriging* ha consentito, in questo caso, di tracciare delle isole di probabilità che possono essere interpretate come 'onde di diffusione' della territorializzazione della produzione agricola.

Ulteriori approfondimenti potranno riguardare la replicazione di analisi simili ad altre regioni e/o ad altre coltivazioni, anche al fine di verificare la possibilità di effettuare indagini statistiche basate su un numero ridotto di unità campionarie¹⁴, sfruttando la conoscenza delle relazioni spaziali tra i livelli delle principali variabili oggetto di indagine.

Bibliografia

Agnoletti M., Almanza R., Barbera G., La Mantia T., Nanni P., Paoletti S., Sisti A., Torquati B.M. (2006), Documento tematico sul paesaggio, Piano Strategico Nazionale di Sviluppo Rurale; allegato a *Architettura del Paesaggio*, 15, CD Overview.

Agnoletti M., (2010), (eds.), *Paesaggi rurali storici. Per un catalogo nazionale*, Laterza, 2010 Bari

¹⁴ Con conseguenti risparmi nei costi complessivi delle indagini.

Arbia G. (1989a), *Spatial Data Configuration in Statistical Analysis of Regional Economics and Related Problems*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers.

Arbia G. (1989b), “Disuguaglianze territoriali”, in *Rassegna economica*, 53, pp. 569-95.

Arbia G., Benedetti R., Espa G. (1996), Effects of the MAUP on Image Classification, in *Geographical Systems*, 3, 2–3: 123–141.

Banerjee S., Carlin P.B., Gelfand E.A. (2004), *Hierarchical Modeling Analysis for Spatial Data*, New York, Chapman & Hall/CRC.

Boselli C., F.G.Truglia F.G., Zeli A. (2014), The impact of the economic crisis for Italian exporting sectors: a spatial-statistics analysis, in *Italian Journal of Applied Statistics*.

Ciotoli G., Finoia M.G (2005), *Dalla Statistica alla Geostatistica*. Aracne, Roma.

Cipollini R., Truglia F.G. (2015), *La metropoli ineguale. Analisi sociologica del quadrante Est di Roma*, Aracne, Roma.

Cole J.P. (1981), *The Development Gap. A spatial Analysis of World Poverty and Iniquity*, New York Wiley & Sons; tdr. It. 1991, *Gli squilibri territoriali. Un'analisi spaziale della povertà e della ineguaglianza nel mondo*, F.Angeli, MI.

Cliff A.D., Ord J.K. (1981), *Spatial Processes. Models and Applications*, London, Pion Limited.

Cressie N. (1993), *Statistics for Spatial Data*, New York: J . Wiley & Sons, Inc.

De Iaco S. Mariella L., Posa D. (1998), Analisi geostatistical della distribuzione spaziale delle aziende olivicole nella provincia di Lecce, in *Statistica Applicata*, vol.10, n.1, pp.53-71.

De Santis S, D'Orazio A, Salamone S, Truglia F.G. (2016), Un'analisi geo-spaziale delle imprese dall'area laziale attraverso l'uso integrato di fonti informative, XXXVII Conferenza Italiana di Scienze Regionali,
<https://www.aisre.it/images/aisre/57a3c6241abce4.38253348/UnAnalisi%20geospaziale%20delle%20imprese%20dallarea%20laziale%20attraverso%20luso%20integrato%20di%20fonti%20informati ve.pdf>

Dickson M.M., Espa G., Giuliani D. Taufer E. (2013) L'interpolazione areale: una soluzione al problema del confronto fra dati riferiti a sistemi spaziali differenti
<http://www.cs.unitn.it/~taufer/wopap/2013%20-%20Interpolazione%20areale.pdf>

Espe G., Arbia G., Giuliani D. (2010), *Measuring industrial agglomeration with inhomogeneous K-function: the case of ICT firms in Milan (Italy)*, University of Trento, Department of Economics, n14.

King G., Rosen O., Tanner A.M. (2004), *Ecological Inference*, Cambridge, Cambridge University Press.

Levine N. (2002), *CrimeStat: A Spatial Statistics Program for the Analysis of Crime Incident Locations* (version 2.0). Ned Levine & Associates, Houston, TX; National Institute of Justice, Washington, DC.

Levine N. (1996), Spatial statistics and GIS: software tools to quantify spatial patterns, in *Journal of the American Planning Association*, 62 (3), 381-392.

Mipaaf (2009), *Paesaggio e sviluppo rurale. Il ruolo del paesaggio all'interno dei Programmi di Sviluppo Rurale 2007-2013*

Piccini C., Pizzoli E. (2012), Applicazione della statistica spaziale per lo studio dello sviluppo rurale, 33° Conferenza Italiana di Scienze Regionali, http://www.grupposervizioambiente.it/aisre/pendrive2012/pendrive/Paper/aisre2012_rurale_Piccini_pizzoli.pdf.

Ripley B.D. (1981), *Spatial Statistics*, New York, Wiley.

Robinson W.S. (1950), Ecological correlations and the behaviour of individuals, in *American Sociological Review*, 15, pp. 321-57.

Tobler W. (1979), "Cellular Geography", in S. Gale, G. Olsson, *Philosophy in Geography*, Dordrecht, Reidel.

Truglia F.G. (2008), Appendice metodologica, *Indagine sulle statistiche relative alla distribuzione territoriale delle imprese italiane*, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Commissione per la Garanzia dell'Informazione Statistica, http://www.unite.it/UniTE/Engine/RAServeFile.php/f/File_Prof/ANTOLINI_1272/Indagine_Statistiche_Imprese.pdf

Truglia F.G., Antolini F. (2008), Informazione statistica disponibile (asia) e possibili interpretazioni: *case study* sulla provincia di Teramo, *Indagine sulle statistiche relative alla distribuzione territoriale delle imprese italiane*, Presidenza del Consiglio dei Ministri, Commissione per la Garanzia dell'Informazione Statistica, http://www.unite.it/UniTE/Engine/RAServeFile.php/f/File_Prof/ANTOLINI_1272/Indagine_Statistiche_Imprese.pdf

Unwin D. (1986), *Analisi spaziale. Un'introduzione geocartografica*, F. Angeli, Mi.

ABSTRACT

On the basis of data derived from the last Census of Agriculture (2010), we have analyzed the territorial pattern of the 67.148 agricultural holdings of Piedmont (one of the 21 Italian Regions), putting in evidence the main territorial characteristics and the spatial dimension, by means of specific centrographic statistics.

Moreover, starting from geo-referencing of agricultural holdings and using information on the Utilized Agricultural Area, we have «tracked» a theoretical map of agricultural surfaces, which does not depend on administrative borders of municipalities and of census areas.

The use of geo-referenced data and of analytical tools developed within the framework of geostatistics, has allowed to integrate the statistical information with geographically.

In this way, the area ceases to be a simple Illustrative variable and acquires an active role in the analysis phase.

Finally, the use of spatial interpolation techniques (kriging) has allowed to identify, in probabilistic terms, dissemination of agricultural land areas.