

Possibili modelli di valutazione della compatibilità fra sviluppo e tutela con particolare attenzione alle aree protette

Luisa Sturiale*

1. Premessa

E' ormai consolidata l'attribuzione allo spazio rurale¹ del ruolo di un contenitore multifunzionale, nel quale accanto all'esercizio delle tradizionali attività agro-silvo-pastorali (che in termini di diffusione spaziale rimangono pur sempre le più importanti), si collocano altre attività collegate o meno a quelle primarie (agriturismo, turismo rurale, ecoturismo, industrie di trasformazione di prodotti agricoli e/o estrattive, artigianato, manutenzione del territorio, commercio dei prodotti locali, ecc.)².

Questo processo evolutivo tende a focalizzare il ruolo dell'impresa agraria da agrocentrica a rurale-centrica, cioè, da semplice produttrice di beni agro-silvo-zootecnici ad erogatrice anche di altri servizi generatori di occupazione e redditi addizionali per le popolazioni locali.

Parallelamente si fa strada e si afferma il modello di sviluppo endogeno integrato (autocentrato), che fa leva sulla valorizzazione delle risorse specifiche dei singoli territori attraverso una mobilitazione della comunità locale. L'obiettivo è quello di promuo-

* Dipartimento Patrimonio Architettonico e Urbanistico, Facoltà di Architettura, Università degli Studi di Reggio Calabria.

1) L'autrice ringrazia il Prof. B. Matarazzo per gli utili suggerimenti forniti inerenti l'applicazione della teoria dei "rough sets" al problema decisionale esemplificato nella relazione. Resta, comunque, propria la responsabilità per quanto scritto. In base alle indicazioni dell'OCSE esso coincide con i territori aventi una densità demografica fino a 150 unità per Km², mentre l'U.E. nell'ambito delle classificazione delle unità territoriali, denominata NUTS (Nomenclature of Territorial Units for Statistics), riporta 100 unità sempre per Km².

2) Con riferimento alla definizione di territorio rurale, si riporta quella data da Iacoponi L., 1996, che evidenzia il carattere peculiare dello stesso costituito dall'equilibrio delle varie componenti: "Per territorio rurale si intende un'area a bassa densità demografica, dove è presente un'economia mista, caratterizzata dall'agricoltura e da altre attività economiche (artigianato, piccola-media industria, turismo), che tendono ad integrarsi ed a mantenersi in un equilibrio accettabile con l'ambiente naturale".

vere i cambiamenti non attraverso "violente" innovazioni tecnologiche spesso di origine esterna (rivoluzione verde), ma piuttosto puntando sulle tecnologie tradizionali, migliorate ed adattate, ai fini di coniugare il binomio *cambiamento conservativo* (Iacoponi L., 1996)³.

Questo modello è intrinsecamente collegato con la teoria dello sviluppo sostenibile, variamente formulata, anche se quella più esaustiva sembrerebbe derivabile dalle indicazioni dell'OCSE⁴ e che si sostanzia su tre capisaldi (Sturiale C., 1997):

- sostenibilità delle risorse naturali (aria, suolo, acqua);
- sostenibilità umana (garanzia igienico-sanitaria dei beni alimentari, sicurezza per gli operatori);
- sostenibilità economica (reddito adeguato per gli operatori economici).

Trattasi di condizioni, tutte egualmente importanti, che tuttavia possono anche essere conflittuali sia per determinate attività (soprattutto in base alle modalità organizzative e di esercizio) sia con riferimento ai diversi ambiti territoriali.

3) Secondo l'Autore le condizioni che stanno alla base di un moderno sviluppo rurale possono ricondursi alle seguenti: capacità competitiva, coesione sociale e sviluppo conservativo, considerato come la capacità di mantenere i tradizionali caratteri ambientali e territoriali, storici, culturali e produttivi del territorio, il cui insieme determina l'immagine dello stesso. Il *cambiamento-conservativo* si contrappone a quello *distruttivo-creativo*, riconducibile alla rivoluzione verde, cioè al processo di modernizzazione dell'agricoltura con conseguente distruzione del mondo rurale preesistente.

4) Fra le diverse definizioni di sviluppo sostenibile, che già al 1991 risalivano a 25 (secondo un accurato lavoro di inventario delle diverse accezioni del termine, eseguito da Pearce, Markandya e Barbier), si citano le più note:

"... Lo sviluppo sostenibile consiste nell'utilizzazione e nella conservazione delle risorse naturali, nonché nell'orientamento del cambiamento tecnologico ed istituzionale in modo da assicurare la continua soddisfazione delle necessità umane delle generazioni presenti e future. Questo sviluppo sostenibile (nei settori agricolo, forestale e della pesca) consente di salvaguardare la terra, l'acqua e le risorse genetiche vegetali ed animali, di non degradare l'ambiente e risulta tecnicamente adeguato, economicamente perseguibile e socialmente accettabile..." (Definizione approvata dal Consiglio della FAO, 1987).

Per sviluppo sostenibile s'intende "...un modello di organizzazione delle attività tale da soddisfare le esigenze delle attuali generazioni senza compromettere la possibilità per le generazioni future di soddisfare i propri bisogni..." (definizione della Commissione mondiale per l'ambiente e lo sviluppo - World Commission on Environment and Development, WCED - detta commissione Brundtland, 1987). In particolare, tale definizione, elaborata nel rapporto "Our Common Future", si sviluppa su due categorie di concetti:

- valori di equità: distribuzione intra e intergenerazionale;
- valori naturali: obbligo di preservare la base ecologica dello sviluppo.

A quest'ultimo riguardo, è evidente che le maggiori difficoltà di conseguire un ragionevole equilibrio fra i valori delle tre condizioni attengono in primo luogo alle aree sottoposte a vincoli di tutela (Parchi e Riserve naturali), per le quali soprattutto la cultura ambientale enfatizza la sostenibilità delle risorse naturali, in rapporto ovviamente ai pregevoli valori intrinseci ed alla corrispondente vulnerabilità di tali aree.

In questa relazione, dopo aver tratteggiato alcuni rapporti tra tutela dell'ambiente ed esercizio delle attività agricole, si espongono alcune nozioni della teoria dei "*rough sets*" (insiemi approssimati) accompagnate da una semplice esemplificazione, ritenendo che essa in determinate situazioni potrebbe contribuire alla soluzione dei predetti rapporti, talora anche piuttosto complessi.

2. Alcuni rapporti fra tutela e fruizione nelle aree protette

I fattori che hanno consentito in Italia la costituzione di un numero sempre maggiore di aree protette sono di natura politica ed istituzionale. Con riferimento al primo aspetto, è da sottolineare il graduale cambiamento nella filosofia su cui si basa l'istituzione di un parco, poiché si è passati da un concetto vincolistico e protezionistico nella gestione delle aree protette ad uno più flessibile di gestione sostenibile ed equilibrata delle risorse naturali, compatibile con un processo di crescita economica dell'area interessata. Dal punto di vista istituzionale, sicuramente un valido aiuto alla crescita delle aree sottoposte a tutela è stato fornito dall'emanazione della legge quadro n. 394/91 e dal trasferimento alle Regioni delle competenze amministrative per la protezione di riserve e parchi naturali, nonché dall'incremento delle risorse finanziarie previste a livello nazionale e comunitario a sostegno della costituzione delle aree parco⁵. Molto importante ai fini dello sviluppo della politica di conservazione e valorizzazione delle risorse

5) Le principali risorse finanziarie nazionali e comunitarie trasferite a regioni e parchi (nel periodo 1991-98) sono rinvenibili nei seguenti programmi di finanziamento: PTAP (1991-93) Aree protette nazionali e regionali; POM ambiente (1994-99) Parchi nazionali; POM turismo (1994-99) Parchi nazionali; LIFE natura (1992-98); PIC ENVIREG; delibera CIPE 18-12-1996 Parchi nazionali Programma "Natour"; Risorse per investimenti nei Parchi nazionali. (Fonte: Ministero dell'ambiente - Servizio conservazione della natura).

naturali è la legge n. 462/98, in cui vengono posti in risalto gli aspetti antropologici che caratterizzano le diverse aree, riconoscendone anche l'inseparabilità da quelli ambientali e paesaggistici.

Passando alla consistenza delle aree protette in Italia, la documentazione disponibile⁶ riferita al 1998 ne riporta (cfr. tab. 1) 924, cui corrisponde una superficie di quasi 3,2 milioni di ettari. L'incidenza delle aree protette sul territorio nazionale è superiore al 10%, anche se in alcune regioni essa supera il 20% (è il caso di Lombardia, Trentino Alto Adige, Abruzzo, Campania)⁷.

A queste superfici bisogna aggiungere quelle delle aree protette sorte a seguito di iniziative private o pubbliche, ma poi concesse in gestione ad associazioni ambientaliste. Nella fattispecie occorre menzionare: a) aree protette gestite dal WWF (World Wildlife Fund) che ammontano a 94 (fra oasi, aree e rifugi) con una superficie di circa 30.000 ettari; b) quelle gestite dalla LIPU (Lega Italiana Protezione Uccelli), pari a 43 strutture (36 oasi e riserve, 6 centri di recupero ed un museo); c) quelle gestite dal FAI (Fondo per l'Ambiente Italiano), impegnato nella conservazione di 12 aree di interesse naturalistico, pari a 95 ettari; d) quelle gestite dall'"Associazione italiana per la

wilderness", sulla cui proposta sono state riconosciute 15 aree di "spazio selvaggio", equivalenti ad una superficie di circa 18.760 ettari⁸.

6) La fonte delle statistiche e della documentazione relative alle aree protette in Italia, citate nella presente relazione, è INEA (1998): *Annuario dell'Agricoltura Italiana*. Roma, che elabora i dati forniti dal CNR, Gruppo di studio sulle aree protette.

7) In particolare, la ripartizione delle aree protette in Italia (sempre al 1998) è la seguente:

	numero	(000 ha)
- Parchi nazionali	20	1.259
- Riserve statali	146	116
- Zone umide conv. Ramsar	45	55
- Riserve marine	15	-
- Parchi regionali	107	1.633
- Riserve regionali	235	159
- Altre aree regionali	354	98

(Fonte: CNR, Gruppo di studio sulle aree protette).

8) Bisogna ricordare, inoltre, le aree individuate in attuazione della direttiva comunitaria 79/409 sulla conservazione degli uccelli selvatici e la 92/43 sulla conservazione degli habitat, finalizzate alla costituzione della rete Natura 2000. In Italia, sono stati individuati (al 30/04/1999) 2.480 siti di importanza comunitaria (SIC) e 202 zone di protezione speciali (ZPS), equivalenti ad una superficie di 5.877.600 ettari, di cui solo 1.600.000 ettari ricadono nelle aree protette riconosciute a livello nazionale. (Fonte: *Notiziario natura*. Commissione europea, DG XI, n. 9, 1999).

Come testualmente recita l'art. 1 della L. 394/91 nelle aree protette la finalità prioritaria consiste nel mantenimento dell'equilibrio dell'ecosistema sia conservando l'insieme degli elementi biotici ed abiotici sia elaborando metodi di gestione tali da conseguire un'armonizzazione fra l'uomo e l'ambiente naturale, cioè una sorta di integrazione fra gli elementi antropici e quelli naturali, ai fini di salvaguardare le "emergenze" architettoniche, archeologiche, paesaggistiche, ecc., nonché le attività economiche tradizionali (in primo luogo quelle agro-silvo-pastorali).

Lo stesso articolo aggiunge anche che in tali aree possono essere promosse attività produttive ecocompatibili.

Con riferimento alla Regione Siciliana, nel lontano 1981 essa emanò una normativa (L.r. n. 98/81) sui parchi e riserve naturali con le finalità della salvaguardia dell'ambiente naturale e del paesaggio, nell'ambito dello sviluppo economico dei territori sottoposti a vincoli di tutela⁹.

E' pertanto chiaro come in termini di priorità la preservazione dell'equilibrio dell'ecosistema si collochi in posizione apicale, cui però si associa l'esercizio di attività economiche compatibili con il primo obiettivo. Fra le attività economiche un ruolo eminente assumono quelle agro-silvo-pastorali (ivi comprese quelle ad esse collegate), nonché quelle di fruizione dei servizi ambientali (ecoturismo associabile all'agriturismo, nelle loro molteplici articolazioni).

In buona sostanza, come ormai largamente noto, si consolida il binomio *tutela/fruizione* (che tende ad acquistare rilevanza non soltanto per le aree protette, ma per l'intero spazio rurale, quanto meno in rapporto agli orientamenti in materia da parte dell'OCSE, dell'U.E., ecc.), che trova una propria applicazione con modalità articolate tanto in rapporto al grado di antropizzazione delle aree interessate quanto con riferimento puntuale all'interno delle aree protette (riserva integrale, riserva generale, aree di protezione, aree di promozione economica).

Questo binomio sul piano teorico non presenta difficoltà nella misura in cui l'esercizio di attività economiche non dà luogo ad

9) "... la Regione istituisce, nell'ambito di una politica diretta al riequilibrio territoriale, parchi e riserve naturali, per concorrere, ..., alla salvaguardia, gestione, conservazione e difesa del paesaggio e dell'ambiente naturale,

L'istituzione dei parchi e delle riserve deve essere sostenuta da adeguati interventi finanziari e dovrà salvaguardare le attività produttive e lavorative tradizionali." (art. 1, L. r. n. 98/81).

esternalità negative ovvero comporta esternalità positive sull'ecosistema, mentre non può dirsi la stessa cosa in termini operativi, poiché lo svolgimento delle predette attività può anche presentare un impatto sull'ambiente non sempre giudicato neutrale.

Con specifico riferimento alle aree protette, assumendo come prioritario obiettivo quello della tutela dell'ecosistema ed associando ad esso anche la fruizione delle zone agricole (insieme dell'esercizio delle attività agro-silvo-pastorali), si può ragionevolmente costruire il quadro sinottico (volutamente semplificato ma indubbiamente emblematico) allegato.

QUADRO SINOTTICO DI ALCUNI RAPPORTI TUTELA/FRUIZIONE (*)

TUTELA DELL'ECOSISTEMA Variabili rilevanti	FRUIZIONE AGRO-SILVO-PASTORALE Cambiamenti strutturali e di gestione dell'attività
a) componenti fisiche, geologiche, geomorfologiche	- trasformazioni fondiarie che interessano la componente a)
b) diversità biologica o biodiversità	- cambiamenti culturali che incidono su b) (es.: conversione del nocciolo verso altre colture e conseguente impoverimento microfauna)
c) paesaggio agroforestale tradizionale	- modificazioni del quadro culturale con effetti su c)
d) composizione fisico-chimica di aria, suolo, acqua	- metodi di produzione (per allevamenti vegetali ed animali) che provocano cambiamenti della composizione relativa a d)
e) assetto idrogeologico ed idraulico	- interventi sul territorio che influiscono su e)
f) patrimonio edilizio rurale ed architettonico	- ristrutturazioni, ammodernamenti, ampliamenti edilizi che interferiscono su f)
g) massa boschiva e forestale e specie del sottobosco	- prelievi di biomassa e di prodotti del sottobosco che incidono su g)

(*) Fermo restando che l'attività agro-silvo-pastorale finisce per influire sull'insieme delle condizioni ecosistemiche, in questo schema si è voluto rilevare come le singole modalità della fruizione abbiano un impatto più diretto su specifiche variabili rilevanti.

La finalità primaria della tutela notoriamente consiste nella conservazione (o ripristino) dell'equilibrio dell'ecosistema riconducibile quanto meno alle macrovariabili elencate sotto le lettere da a) a g), che non devono subire esternalità negative dalle attività economiche esercitate.

Nella fattispecie dell'esercizio agro-silvo-pastorale, l'organizzazione dello stesso finisce per ripercuotere sull'ambiente una o più azioni riportate nella parte "fruizione" del quadro, che non sono includibili sempre fra quelle che danno luogo ad esternalità positive.

Invero, tali azioni possono influire sulla diversità biologica e/o sul paesaggio tradizionale, incidere sull'orografia e l'assetto idrogeologico, provocare inquinamenti di vario genere (fisico, chimico, acustico, ecc.), modificare l'edilizia rurale ed il patrimonio architettonico, ridurre la superficie boschiva e forestale – nota come il "polmone" dell'ambiente -, ecc.. Stante il fatto che nelle aree protette l'obiettivo fondamentale è proprio quello di mantenere inalterate tali essenziali macrovariabili dell'ecosistema, il problema basilare è quello di elaborare delle strategie di fruizione di queste aree che consentano lo svolgimento di attività senza pregiudicare la tutela.

L'esistenza del binomio *tutela/fruizione* appare del tutto evidente soprattutto con riferimento ad aree protette più o meno fortemente antropizzate e sede di molteplici e vitali attività economiche per le popolazioni locali, presenti già prima dell'istituzione di aree sottoposte a vincoli. E' questo il caso dei Parchi regionali della Sicilia (Etna, Madonie e Monti Nebrodi¹⁰) (fig. 1) e più in generale della gran parte di quelli italiani.

E' proprio in tali circostanze che si acuiscono le problematiche dello sviluppo sostenibile, allorché l'enfasi si focalizza sul caposaldo ambientale, attribuendo ruolo subordinato agli altri due (specialmente a quello economico).

Questa posizione può sfociare in situazioni conflittuali qualora i territori sottesi rivelino, da un lato, una radicata antropizzazione e, dall'altro, sono sedi di una molteplicità di attività economiche fonti di reddito e di occupazione di grande rilievo, alle quali il locale tessuto

10) Il Parco dell'Etna è stato istituito nel 1987 ed ha un'estensione di 58.095 ettari, ricadenti nella provincia di Catania; il Parco delle Madonie è stato istituito nel 1989 con una superficie di 39.941 ettari, compresi nella provincia di Palermo; il Parco dei Monti Nebrodi è stato istituito nel 1993, interessa una superficie di 85.587 ettari, ricadenti nelle province di Catania, Enna e Messina.

sociale non può e non intende rinunciare senza andare incontro ad un drastico impoverimento.

Al riguardo, un caso emblematico è il Parco dell'Etna, che a distanza di 13 anni dalla sua costituzione non ha ancora adottato il Piano Territoriale di Coordinamento per il complesso intreccio fra le peculiarità del locale ecosistema e l'articolazione delle attività economiche, ivi tradizionalmente esercitate. Questo intreccio, infatti, rappresenta un ostacolo di non poco conto, invero, per coniugare felicemente la tutela con lo sviluppo.

Sul versante ambientale ci si trova in presenza di un Parco con un vulcano attivo (il più grande d'Europa), che con le ricorrenti eruzioni magmatiche nel corso dei secoli ha sagomato e risagomato l'orografia del territorio, allargando le superfici sterili ricoperte di lava (e restringendo parallelamente quelle utilizzabili per l'esercizio delle attività primarie), ridisegnando i profili dei suoli, con formazione di conetti vulcanici di grande pregio paesaggistico, ma estremamente vulnerabili dall'attività antropica.

Il grande sviluppo altitudinale da circa 550 metri fino a oltre 3.300 metri di quota con presenza di una moltitudine di specie vegetali (stratificate per fasce altimetriche¹¹), unitamente ai variegati profili dei suoli (vulcanici), contribuiscono alla formazione di paesaggi naturali ed agroforestali di grande pregio e caratterizzati da panorami policromi di incomparabile bellezza.

Tutto ciò dà luogo ad una notevole diversità biologica (in campo animale e vegetale), fondamentale patrimonio della società, che l'istituzione del Parco contribuisce ad arricchire o quanto meno a conservare quale prezioso serbatoio di germoplasma per le future generazioni.

Spostando l'attenzione sul piano della fruizione, occorre subito rilevare che la densità demografica dei comuni, i cui territori sono in marcata misura sottesi dal Parco, sfiora le 150 mila unità, cui occorre aggiungere anche la popolazione di comuni non interessati amministrativamente al Parco, che fruiscono di beni e servizi propri dello stesso.

Per maggior dettaglio, la fig. 2 riporta i comuni che rientrano nel Parco dell'Etna (pari a 20) la cui superficie risulta sottesa in misura variabile, andando da frazioni irrilevanti (Giarre) a quasi l'88,0%

11) Per la zonazione altitudinale della vegetazione presente sull'Etna, si rinvia a: Poli Marchese E., 1991.

dell'intero territorio comunale (Maletto). Si evidenzia, inoltre, nella stessa figura la zonizzazione del Parco, con maggiore incidenza delle zone A (riserva integrale) e B (riserva naturale) che costituiscono il 77,5% dell'intera superficie, mentre la restante parte è rappresentata da quelle C e D (di protezione e di controllo, rispettivamente).

Con riferimento all'incidenza della superficie agroforestale su quella territoriale del Parco dell'Etna, essa appare crescente dalla zona A a quella D, come risulta dalla tab. 2, risultando in complesso ha 30.830 pari al 53,1% dell'intero territorio del Parco. Ovviamente, la superficie forestale si colloca in prevalenza nelle zone A e B, mentre quella agraria nelle zone B, D e C.

Nell'ambito del Parco tradizioni secolari hanno le attività agricole (seppure in progressivo ridimensionamento, con espansione delle superfici agricole abbandonate), quelle pastorali, quelle forestali e del sottobosco (legname per le più diverse finalità, carbone, funghi eduli spontanei, ecc.), quelle estrattive di cava, quelle artigianali di vario tipo (oltre all'esercizio della caccia, oggi del tutto vietata). Ma l'Etna è anche meta privilegiata di un turismo montano in tutte le stagioni dell'anno, che in rapporto allo sviluppo dello stesso a livello mondiale, presenta un trend

strutturalmente espansivo, anche perché a quello di tipo tradizionale si associa l'ecoagroturismo e più in generale il turismo rurale.

Nell'ambito del Parco, fra l'altro, soprattutto nell'arco temporale fra il 1965 ed il 1980 (Bellia F., 1971; Sturiale C., 1976) si realizzò un insediamento di abitazioni con destinazione a residenza secondaria (week-end e villeggiatura), che sostenne l'industria edilizia locale e contribuì non poco alla moltiplicazione delle figure pluriattive del tessuto sociale del territorio, figure che tuttora permangono, ancorché si sia esaurito il processo di costruzioni edilizie sulle pendici dell'Etna (per effetto sia dell'istituzione del Parco sia di altre circostanze intervenute nel tessuto socio-economico locale)

Occorre, infine, aggiungere il florido commercio dei prodotti locali (agricoli, zootecnici, artigianali) facente perno sul circuito diretto (produttore - consumatore), esercitato da gran parte delle figure agricole pluriattive ed in continua ascesa con l'intensificazione del movimento turistico.

Da quanto predetto, discende uno scenario assai articolato di attività economiche presenti nel territorio e vitali sul piano sociale, che certamente non favorisce la soluzione dei rapporti tutela / fruizione,

così per la molteplicità delle attività compresenti e delle corrispondenti figure professionali interessate come per le complessità che si annidano nell'ambito di una stessa attività.

Circoscrivendo l'analisi alle attività agricole del Parco, le indagini appositamente condotte sul campo (Papale F. – Sturiale C, 1994; Sturiale C., 1997) evidenziano la presenza di numerose specie arboree e (in minor misura) erbacee, la cui consistenza è riportata nel grafico 1.

Trattasi di specie agrarie che, sulla base di indicazioni assunte presso esperti e studiosi naturalistici (botanici, zoologi, ecc.), architetti del paesaggio, agronomi (arboricoltori, entomologi, patologi, ecc.), nonché in rapporto a dirette analisi economiche, sviluppano effetti diversificati sulla sostenibilità dello sviluppo nella sua composita articolazione precedentemente enunciata.

L'insieme delle informazioni acquisite, consente di desumere che gli effetti dell'esercizio agricolo sui macroelementi dell'ecosistema, non sono perfettamente quantificabili, ma invece sono note le relazioni causa-effetto di ordine qualitativo inevitabilmente circondate da una certa imprecisione¹².

Una siffatta realtà, giustifica la ricerca di metodi di analisi che mettendo a confronto gli obiettivi della tutela con quelli della fruizione siano in grado di offrire valutazioni significative, alle quali coloro che devono assumere le decisioni nelle materie in oggetto possono ancorare le proprie determinazioni, con l'intento di scegliere quelle opzioni che salvaguardando la tutela non finiscano per soffocare la fruizione.

3. La teoria dei "*rough sets*"

Diverse sono le teorie e le tecniche matematiche che nel tempo sono state messe a punto al fine di analizzare problemi caratterizzati da incertezza e imprecisione; fra esse si ricordano la teoria della probabilità, la teoria dell'evidenza, l'analisi discriminante, la teoria dei fuzzy sets (insiemi sfocati), ecc. A queste, si è aggiunta recentemente, la teoria dei "*rough sets*" (insiemi approssimati), che si è rivela-

12) Per esemplificare, l'agricoltura convenzionale e quella biologica influiscono con diversa intensità sull'inquinamento dell'aria, del suolo e dell'acqua, però gli effetti non possono esprimersi in termini rigorosamente quantitativi, perché, com'è noto, su tale fenomeno intervengono a loro volta numerose variabili.

ta un idoneo strumento per analizzare dati contrassegnati da una certa vaghezza ed imprecisione ed evidenziare le possibili relazioni di causa-effetto tra loro esistenti non immediatamente evidenti, ma che possono essere utili in un contesto di problema di scelta. Essa presenta diverse intersezioni con le teorie precedentemente citate e, in alcune applicazioni, si pone complementare ad esse.

La predetta teoria dei "*rough sets*" risulta introdotta da Pawlak Z., 1982, ed è stata successivamente oggetto di approfondimenti da parte di diversi studiosi ed applicata in differenti campi¹³, risultando particolarmente feconda nell'analisi dei problemi di classificazione multiattributo e, recentemente, anche nei problemi decisionali multicriteriali di classificazione, scelta e di ordinamento (apportando delle modifiche metodologiche alla teoria originaria).

Di fatto, questa teoria si basa sulla premessa che ad ogni unità di un dato universo sono associate delle informazioni, espresse impiegando determinati attributi che descrivono le predette unità. Per esemplificare, se le unità sono le aziende agrarie che hanno come obiettivo quello di ridurre le esternalità negative sull'ecosistema, le informazioni sono rappresentate dall'indirizzo produttivo, dal metodo di coltivazione adottato, ecc.. Le unità caratterizzate dalla medesima descrizione si considerano indiscernibili (o simili) avuto riguardo alle informazioni disponibili.

Come riportato da Matarazzo B., 1997 "...la relazione di *indiscernibilità* così generata costituisce il fondamento matematico della teoria dei "*rough sets*", i mattoni (granuli) con cui si costruisce l'edificio della conoscenza della realtà."

Ogni insieme di unità indiscernibili viene definito insieme elementare e rappresenta un atomo della conoscenza dell'universo. Un qualsiasi sottoinsieme Y dell'universo può essere definito in termini di granuli o in modo preciso (unione di insiemi elementari) o in modo approssimato. In quest'ultimo caso, il sottoinsieme può essere caratterizzato da due insiemi ordinari, *approssimazione inferiore* e *approssimazione superiore*.

Il "*rough set*" è definito attraverso le predette approssimazioni (che coincidono nel caso di insiemi ordinari) e la differenza fra approssimazione inferiore e superiore rappresenta la frontiera (boundary

13) Una raccolta di saggi sulle applicazioni dei "*rough set*" a problemi reali è rinvenibile in Slowinski R. (a cura di), 1992 e in Pawlak Z., 1997.

region) del rough set. L'approssimazione inferiore di Y risulta costituita da tutti gli insiemi elementari inclusi in Y , i cui elementi appartengono sicuramente ad Y ; l'approssimazione superiore è data da tutti gli insiemi elementari che presentano un'intersezione non vuota con Y , i cui elementi possono appartenere ad Y . Gli elementi che appartengono alla frontiera del rough set non possono essere, quindi, caratterizzati con certezza in merito all'appartenenza ad Y , utilizzando le informazioni disponibili. Secondo l'approccio dei "*rough sets*", quindi, un concetto descritto in maniera imprecisa può essere sostituito da una coppia di concetti precisi, le sue approssimazioni inferiore e superiore.

"La peculiarità dei "*rough sets*" consiste nel trattare una imprecisa rappresentazione della realtà dovuta alla granularità della conoscenza, conseguenza della indiscernibilità tra oggetti aventi la stessa descrizione ("granuli")". (Matarazzo B., 1997)

Tale strumento, per alcune sue peculiari caratteristiche, risulta particolarmente interessante per l'applicazioni a diversi problemi concreti. Questo approccio permette di evidenziare le possibili relazioni causa-effetto fra i dati disponibili, sottolineando l'importanza ed il ruolo strategico di alcune informazioni e l'irrelevanza di altre. Per quanto riguarda le informazioni richieste, è possibile trattare i dati qualitativi e non è necessario eseguire un'analisi a priori sulla consistenza dei dati da analizzare, mentre i dati quantitativi devono essere, in qualche modo, "discretizzati". In particolare, può prendere in considerazione informazioni inconsistenti che non vengono eliminate automaticamente a priori, in quanto è possibile ottenere elementi da esempi sia positivi che negativi. Passando alle informazioni ottenibili, è possibile avere a posteriori informazioni sull'importanza che alcuni attributi hanno nell'analisi del problema considerato e i risultati vengono presentati nella forma comprensibile di regole decisionali del tipo "*se ..., allora ...*". Il set di regole decisionali ottenute costituisce il modello globale delle preferenze del decision maker basato sull'insieme di esempi forniti dallo stesso e può essere utilizzato come supporto al processo decisionale.

Al fine di poter procedere ad un'applicazione, seppure a titolo esemplificativo, della teoria dei "*rough sets*" a problematiche legate all'uso delle risorse naturali in aree protette ed, in particolare, alla compatibilità fra esercizio dell'agricoltura e tutela dell'ecosistema, verranno illustrati i principali concetti che la caratterizzano.

Le informazioni sulle unità che compongono l'universo considerato vengono fornite sotto forma di una tavola, definita *tavola delle informazioni*, in cui le righe si riferiscono alle diverse unità e le colonne ai diversi attributi considerati; ogni cella, quindi, indicherà la *valutazione*, quantitativa o qualitativa, dell'unità posta nella riga attraverso l'attributo della colonna corrispondente. Con riferimento alle valutazioni di tipo quantitativo di un determinato attributo q , il relativo dominio viene suddiviso in sottointervalli e, quindi, codificato¹⁴.

Come riporta Matarazzo B., 1997, la *tavola delle informazioni*, formalmente, "...è la 4-upla $S = \langle U, Q, V, f \rangle$, dove U è l'insieme finito di oggetti (universo), Q è un insieme finito di attributi, $V = \bigcup V_q$ e V_q è il dominio dell'attributo q , $f: U \times Q \rightarrow V$ è una

$$q \in Q$$

funzione tale che $f(x, q) \in V_q$ per ogni $q \in Q, x \in U$, detta *funzione delle informazioni*."

Ogni oggetto x dell'universo U verrà, quindi, descritto da un vettore, in cui ogni elemento rappresenta il valore che il relativo attributo assume con riferimento ad x . Questo vettore viene denominato descrizione di x in termini delle valutazioni degli attributi di Q e indicato $Des_Q(x)$. E' possibile, così, ottenere una descrizione di $x \in U$ in termini di qualsiasi sottoinsieme non vuoto $P \subseteq Q$.

"Ad ogni sottoinsieme (non vuoto) di attributi P è associata una *relazione di indiscernibilità* su U , indicata con I_P :

$$I_P = \{(x, y) \in U \times U : f_q(x) = f_q(y), q \in P\}.$$

Ovviamente, la relazione binaria di indiscernibilità così definita è una relazione di equivalenza (riflessiva, simmetrica e transitiva). ... Se $(x, y) \in I_P$ si dice che gli oggetti x e y sono P -indiscernibili. Le classi di equivalenza della relazione I_P sono chiamate *insiemi P-elementari*. Se $P=Q$, gli insiemi Q -elementari sono chiamati *atomi*". (Matarazzo B., 1997).

Per la definizione del *rough set* è necessario sviluppare altri due concetti chiave, già enunciati: approssimazione inferiore e approssimazione superiore.

14) Secondo quanto indicato da Matarazzo B., 1997, la discretizzazione dei dati quantitativi rappresenta una fase delicata nella costruzione della tavola delle informazioni, poiché i risultati delle analisi possono dipendere proprio da essa. Per tale motivo, sono state proposte diverse tecniche e metodologie per superare il problema (Slowinski R., 1993).

Sia P un sottoinsieme di attributi di Q , $P \subseteq Q$, e X un sottoinsieme non vuoto di U . Si definisce P -approssimazione inferiore di X (PLX) il sottoinsieme di U avente come suoi elementi tutti gli oggetti appartenenti agli insiemi P -elementari contenuti nell'insieme X , e soltanto quelli.

Si definisce P -approssimazione superiore di X (PuX) il sottoinsieme di U costituito da tutti gli oggetti appartenenti agli insiemi P -elementari aventi almeno un elemento in comune con l'insieme X , e soltanto quelli.

La differenza fra questi due insiemi è definita frontiera di X , denotata con $BNp(X)$:

$$BNp(X) = PuX - PLX$$

Ne deriva che se un oggetto x appartiene alla P -approssimazione inferiore di X , esso è certamente un elemento di X , mentre se x appartiene alla P -approssimazione superiore può appartenere all'insieme X .

Se la frontiera di X è vuota, allora l'insieme X è un insieme ordinario (cioè esatto), dato dall'unione di un certo numero di insiemi P -elementari. Se la frontiera di X non è vuota, l'insieme X è un insieme approssimato (*rough*) rispetto a P , definibile attraverso le P -approssimazioni inferiori e superiori¹⁵.

Questo approccio conduce ad un'imprecisa rappresentazione della realtà dovuta alla "granularità"¹⁶ della conoscenza, che costituisce, appunto, il concetto chiave della teoria dei "*rough sets*". La realtà è rappresentata da granuli che corrispondono agli insiemi P -elementari, i cui elementi sono P -indiscernibili in quanto presentano la stessa descrizione nei termini degli attributi di P . La grandezza di questi granuli dipende, evidentemente, dal numero di attributi utilizzati per la descrizione degli oggetti nella originale tavola delle informazioni e dal dominio di ogni attributo. La rappresentazione della realtà dipende dalla conoscenza posseduta con riferimento ad essa e dalla capacità di classificare le informazioni ottenute¹⁷.

15) "La famiglia di tutti gli insiemi $X \subseteq U$ aventi le stesse approssimazioni inferiore e superiore si chiama *rough set*". (Matarazzo B., 1997).

16) Termine introdotto da Pawlack Z., 1982.

17) Riprendendo un esempio riportato da Matarazzo B., 1997, con riferimento all'elaborazione di una immagine (fotografica, televisiva, ecc.), la granularità può essere assimilata alla dimensione dei pixels usati per approssimare i contorni delle immagini.

Un altro aspetto particolarmente importante per le applicazioni operative è quello relativo all'eventuale presenza di dati "superflui" nella tavola delle informazioni, che possono essere eliminati senza alterare quanto contenuto nella tavola originaria.

E' possibile infatti determinare un *ridotto*, cioè un sottoinsieme minimale di attributi che permette di avere la stessa qualità di approssimazioni delle unità di U ottenibili impiegando l'insieme completo di attributi di P^{18} . In una tavola delle informazioni possono esistere più ridotti di P, e si definisce *nucleo* (core) di P l'insieme contenente tutti gli attributi indispensabili di P. Essendo incluso in ogni ridotto di P, il nucleo si configura come il più importante sottoinsieme di attributi di Q, per cui nessuno dei suoi elementi può essere rimosso altrimenti si deteriorerebbe la qualità dell'informazione.

Risulta evidente l'utilità dell'esistenza di ridotti di Q nelle applicazioni concrete, poiché spesso le acquisizioni di valutazioni in merito a determinati attributi si presentano particolarmente difficoltose e/o costose. Queste valutazioni, tuttavia, possono essere lasciate fuori se risultano "superflue" con un notevole risparmio in tempo e risorse.

Se gli attributi di Q presenti in una tavola delle informazioni vengono distinti in *attributi condizionali* (insieme C) e *attributi decisionali* (insieme D), essa è chiamata *tavola delle decisioni*. Essa può essere espressa come un insieme di *regole decisionali*, in quanto si tende a sottolineare la dipendenza funzionale tra gli attributi condizionali e quelli decisionali. Nelle applicazioni operative si tende ad impiegare il minor numero possibile di attributi condizionali, senza peraltro deteriorare la qualità dell'approssimazione della classificazione indotta dagli attributi decisionali, in modo da permettere di prendere decisioni impiegando minori informazioni. Molto spesso il calcolo delle regole decisionali risulta complesso, per cui nelle applicazioni a casi concreti è sufficiente conoscere l'insieme minimale delle stesse, in grado di fornire le stesse informazioni dell'insieme completo, risultando più comprensibile pur essendo dimensionalmente più ridotto.

Le regole decisionali si configurano come delle proposizioni logiche del tipo "*se ... allora*", in cui l'antecedente è dato da valori assunti da uno o più attributi condizionali ed il conseguente è rap-

18) "Sia $P \subseteq Q$ e $p \in P$. Si dice che l'attributo è *superfluo* in P se $I_p = I_p - \{p\}$; altrimenti è *indispensabile* in P.

L'insieme P è indipendente (ortogonale) se tutti i suoi attributi sono indispensabili. Il sottoinsieme P' di P è un ridotto (reduct, notazione $Red(P)$) di P se P' è indipendente e $I_{P'} = I_P$." (Matarazzo B., 1997).

presentato dalle partizioni generate da uno o più attributi decisionali. Si possono avere due tipologie di regole decisionali: esatte (o certe), se le partizioni generate dagli attributi decisionali contengono quelle corrispondenti agli attributi condizionali considerati; approssimate (o incerte) nel caso contrario.

L'espressione con cui si esprime la regola decisionale ("se ... allora"), non soltanto ha il vantaggio di essere perfettamente comprensibile al decision-maker, ma possiede anche quello di essere la più semplice e naturale via per costruire un modello di preferenze alla luce di un sufficientemente ampio campione di confronti esplicativi.

Dal punto di vista decisionale, la costruzione del modello di preferenze, non richiede alcun parametro, ma utilizza semplicemente gli esempi forniti dal decision-maker, e le regole ottenute possono essere adottate quale supporto al processo decisionale. In merito, è importante rilevare che è possibile verificare le informazioni contenute nell'originale tavola delle decisioni ed arricchirla, acquisendo ulteriori elementi anche sotto forma di regole decisionali, a seguito di interviste o discussioni con esperti.

I concetti fino a questo punto esposti costituiscono i punti chiave della teoria originaria dei "*rough sets*", alla quale sono stati successivamente, come già accennato, apportati degli adattamenti metodologici per poterla applicare a problemi decisionali multicriteriali di classificazione, scelta e di ordinamento. Le modifiche metodologiche apportate, che a questo punto vengono solo accennate rimandando agli Autori che se ne sono occupati per ulteriori approfondimenti, permettono di considerare le proprietà ordinali dei criteri e delle informazioni sulle preferenze del decisore e di procedere al confronto per coppie di azioni¹⁹.

Infine, avendo già accennato che la teoria dei "*rough sets*" presenta relazioni con altre teorie che al pari si propongono di trattare particolari tipi di incertezza o di analizzare dati imperfetti, si riportano due sintetici quadri che mettono a confronto la teoria dei "*rough sets*" con la classica analisi statistica (figura 3) e con la teoria dei fuzzy sets²⁰ (figura 4).

19) Il nuovo approccio è basata su *relazioni di dominanza*, necessarie per la modellizzazione di insiemi ordinati; sulla *tavola di confronto per coppie*, ai fini della modellizzazione delle preferenze in problemi di scelta e di ordinamento. Per approfondimenti si rimanda a Greco S. – Matarazzo B. – Slowinski R., 1996, 1997.

20) I quadri sinottici sono ripresi da Matarazzo B., 1997.

4. L'approccio dei "rough sets" alla problematica ambientale

Come già evidenziato, la teoria dei "rough sets" è stata applicata con successo a svariati problemi reali di classificazione in diversi campi, fra i più significativi dei quali si indicano medicina, ingegneria, credito, ricerche di mercato, analisi finanziarie ed economia ambientale. Proprio in quest'ultimo ambito, si proporrà un'applicazione della teoria dei "rough sets", soffermando l'attenzione sulle problematiche ambientali relative, in particolare, alla fruizione delle risorse naturali in aree protette per giungere a regole decisionali che siano da supporto alla definizione di strategie di gestione delle attività agricole, compatibilmente con la tutela dell'ambiente ed il mantenimento dell'equilibrio ecosistemico.

Spostando l'attenzione sull'area di riferimento rappresentata dal Parco regionale dell'Etna, si presenta una semplice esemplificazione della teoria dei "rough sets" applicata ad un problema decisionale relativo alla scelta di colture da adottare all'interno dell'area protetta considerata, che siano compatibili con il mantenimento dell'equilibrio dell'ecosistema²¹, equilibrio che viene alterato nella misura in cui aumentano gli interventi antropici.

Evidentemente, le informazioni disponibili con riferimento agli impatti che ogni singola coltura determina sull'equilibrio ecosistemico, nell'ambiente esaminato, non sono certe e quantitativamente esprimibili, viceversa lo sono in termini qualitativi, seppure in maniera alquanto vaga ed imprecisa. Sulla scorta di informazioni fornite da esperti e studiosi, è stata elaborata una tavola delle informazioni considerando che le unità x che compongono l'universo U , riportate nelle singole righe, siano costituite dalle principali tipologie di aziende agricole presenti all'interno del Parco, che in dettaglio, sono rappresentate da:

- x1. nocciolo;
- x2. pistacchio;
- x3. frutteto (pero, melo, ciliegio, pesco);

21) Per *ecosistema* si intende la biocenosi (costituita dall'insieme della zoocenosi – organismi animali – e della fitocenosi – organismi vegetali) intimamente correlata con le condizioni del clima e del suolo. Tale concetto, che racchiude una visione naturalistica, non deve essere confuso con quello di *ambiente*, definito come l'insieme degli elementi biotici ed abiotici e delle loro interazioni, ivi compresa l'azione antropica.

- x4. vigneto;
- x5. oliveto;
- x6. ortive;
- x7. cereali.

La tavola delle informazioni può essere articolata inserendo gli attributi che principalmente possono influire sul mantenimento dell'equilibrio dell'ecosistema derivanti dall'esercizio dell'attività agricola. Sono stati considerati fra i diversi possibili, per semplificare l'analisi, soltanto cinque attributi condizionali, di cui quattro qualitativi ed uno quantitativo. In particolare, gli attributi riportati nelle singole colonne sono:

- c1. capacità di mantenere inalterata la biodiversità (attributo qualitativo);
- c2. influenza sul paesaggio (attributo qualitativo);
- c3. inquinamento ambientale dovuto al metodo di produzione convenzionale (attributo qualitativo);
- c4. alterazioni sull'equilibrio dell'ecosistema con adozione del metodo di produzione biologico (attributo qualitativo);
- c5. redditività (espressa come reddito lordo, riferito all'annata agraria 1999-2000), determinata in assenza di contributi ed integrazioni al reddito previsti per i vari comparti produttivi dalla normativa comunitaria e nazionale (attributo quantitativo)²².

22) I redditi lordi ritraibili dalle diverse colture considerate nell'esemplificazione riportata, sono stati ottenuti da elaborazione di dati direttamente rilevati presso le aziende agricole situate nel Parco dell'Etna (annata agraria 1999-2000). In particolare, sono stati determinati i seguenti livelli di redditi lordi, considerati al netto di contributi e integrazioni di reddito previsti da normativa comunitaria e/o nazionale, riferiti a produzioni ottenute con metodi di coltivazione convenzionale:

Coltura	Reddito Lordo/ha
Nocciolo	250.000
Pistacchio	700.000
Frutteto	3.000.000
Vigneto	5.000.000
Oliveto	1.000.000
Ortive	12.000.000
Cereali	100.000.

TAVOLA DELLE INFORMAZIONI

U	c1	c2	c3	c4	c5	d
X1	forte	forte	media	bassa	bassa	A
X2	media	forte	media	bassa	bassa	B
X3	debole	media	alta	media	media	D
X4	debole	media	media	bassa	media	C
X5	debole	media	media	bassa	bassa	C
X6	debole	debole	alta	media	alta	D
X7	debole	debole	media	bassa	bassa	C

Si ha $U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$, $Q = \{c1, c2, c3, c4, c5, d\}$, $V1 = \{\text{debole}, \text{media}, \text{forte}\}$, $V2 = \{\text{debole}, \text{media}, \text{forte}\}$, $V3 = \{\text{bassa}, \text{media}, \text{alta}\}$, $V4 = \{\text{bassa}, \text{media}, \text{alta}\}$, $V5 = \{\text{bassa}, \text{media}, \text{alta}\}$, $Vd = \{A, B, C, D\}$. Con riferimento alla codifica dell'attributo $c5$, collegato al livello di redditività, i valori quantitativi originali di $c5$ sono stati classificati nel modo seguente:

valori originali di $c5$ (espressi in 000L/ha)	valori codificati di $c5$
$x \leq \text{£ } 2.000$	bassa
$2.000 < x \leq \text{£ } 5.000$	media
$5.000 < x$	alta.

L'attributo decisionale d determina una partizione dell'insieme di alternative secondo la seguente graduatoria: A = coltura ottimale per il mantenimento dell'equilibrio ecosistemico; B = coltura pienamente compatibile; C = coltura con basso rischio di alterazione dell'equilibrio; D = coltura a medio rischio di alterazione dell'equilibrio. Una tale classificazione trae origine dall'insieme di informazioni desunte da studi e ricerche svolti da naturalisti e biologi sul mantenimento dell'equilibrio dell'ecosistema da parte delle diverse colture presenti nel Parco dell'Etna.

Ogni tipologia aziendale è caratterizzata da una diversa descrizione nei termini degli attributi considerati $c1, c2, c3, c4, c5$, per cui, in base alle informazioni desunte dagli stessi, esse sono discernibili. Formalmente, la relazione di indiscernibilità fondata su tutti gli attributi considerati è $IQ = \{(1,1), (2,2), (3,3), (4,4), (5,5), (6,6), (7,7)\}$, quindi non esistono due tipologie aziendali x e y tali che $(x,y) \in IQ$.

In realtà, dall'esame della tavola delle informazioni si osserva che le tipologie aziendali 1 e 2 sono indiscernibili nei termini degli attributi di $P = \{c_2, c_3, c_4, c_5\}$ poiché presentano per ognuno di essi, la stessa valutazione. Formalmente si ha $I_p = \{(1,1), (1,2), (2,1), (2,2), (3,3), (4,4), (5,5), (6,6), (7,7)\}$ per cui $(1,2) \in I_p$ (e ovviamente anche $(2,1) \in I_p$). Così come le tipologie aziendali 3 e 4 sono indiscernibili in termini degli attributi $P' = \{c_1, c_2, c_5\}$ e formalmente si ha $I_{p'} = \{(1,1), (2,2), (3,3), (3,4), (4,3), (4,4), (5,5), (6,6), (7,7)\}$, per cui $(3,4) \in I_{p'}$ (e $(4,3) \in I_{p'}$). In questo modo si potrebbe procedere considerando tutti i possibili sottoinsiemi di Q .

Ogni sottoinsieme P di attributi di Q origina una partizione dell'universo U che raggruppa in classi di equivalenza gli oggetti che hanno la stessa descrizione in termini degli attributi di P : per esempio per $P = \{c_1, c_2\}$ si ha $U/I_p = \{\{1\}, \{2\}, \{3, 4, 5\}, \{6, 7\}\}$ e quindi $\{1\}, \{2\}, \{3, 4, 5\}, \{6, 7\}$ sono gli insiemi P -elementari.

Supponiamo che, usando il set di attributi $P = \{c_1, c_2, c_3\}$ noi intendiamo approssimare l'insieme X di tipologie aziendali che comportano un basso rischio di alterazione all'equilibrio ecosistemico, $X = \{x_4, x_5, x_7\}$.

Allora, $U/I_p = \{\{1\}, \{2\}, \{3\}, \{4,5\}, \{6\}, \{7\}\}$, le approssimazioni saranno:

$$PL(X) = \{4,5,7\}$$

$$PU(X) = \{4,5,7\}$$

La frontiera $BNP(X)$ è vuota, per cui l'insieme X può essere descritto con gli attributi di P ed è un insieme ordinario, cioè esatto, poiché le unità contenute appartengono certamente all'insieme delle tipologie aziendali che determinano basso rischio di alterazione ecosistemica.

L'esemplificazione riportata è costituita solo da cinque attributi condizionali, per cui trattasi di una tavola delle informazioni abbastanza semplice da leggere, però, nella realtà operativa si possono presentare situazioni in cui si ha un numero molto più elevato di attributi, per cui risulta conveniente, in termini di tempo e risorse, determinare i ridotti (e il possibile core degli stessi).

Dalla tavola delle informazioni costruita, consideriamo l'insieme di attributi $P = \{c_1, c_3, c_4\}$ che determina la seguente relazione di indiscernibilità $U/I_p = \{\{1\}, \{2\}, \{4, 5, 7\}, \{3, 6\}\}$. Adesso, consideriamo i seguenti sottoinsiemi di Q : $P = \{c_1, c_3, c_4\}$, $R = \{c_1, c_3\}$, $S = \{c_1, c_4\}$, $T = \{c_3, c_4\}$. E' semplice osservare che $IR = I_p$, $IS = I_p$, mentre $IT \neq I_p$.

Quanto osservato significa che R e S sono ridotti di P, mentre T non lo è, cioè R e S sono sottoinsiemi di P che hanno generato partizioni dell'universo U uguali a quelle ottenute impiegando tutti gli attributi di P. E' possibile, così, utilizzare uno qualunque dei due ridotti determinati, senza inficiare la qualità di informazione desumibile con tutti gli attributi presenti in P.²³

Inoltre, dall'intersezione dei ridotti R e S, si può determinare il core di P, in quanto $\text{core } P = R \cap T$ ovvero $\text{core } P = \cap \text{Red } P$, che in tale caso corrisponde all'attributo condizionale c1. Quindi, c1 è "il più importante attributo" dell'insieme P, è l'attributo senza il quale si deteriorerebbe la qualità dell'informazione ovvero rappresenta l'attributo più importante per descrivere le tipologie aziendali considerate (potremmo definirlo l'essenziale), mentre c3, c4, possono essere scambiati senza che la qualità dell'informazione venga deteriorata.

La tavola dell'informazione costruita, contenendo attributi condizionali $C = \{c1, c2, c3, c4, c5\}$ e l'attributo decisionale $D = \{d\}$, può essere letta come una tavola delle decisioni, attraverso cui è possibile spiegare le valutazioni dell'attributo decisionale, mediante i valori attribuiti a quelli condizionali. E' possibile, quindi, interpretare la tavola delle informazioni come una tavola delle decisioni.

Facendo riferimento all'esempio riportato, l'insieme di regole decisionali ottenute dalla tavola delle decisioni illustrata è il seguente:

- 1) se $f(x, c1) = \text{forte}$ e $f(x, c2) = \text{forte}$ e $f(x, c3) = \text{media}$ e $f(x, c4) = \text{bassa}$ e $f(x, c5) = \text{bassa}$, allora $f(x, d) = A$;
- 2) se $f(x, c1) = \text{media}$ e $f(x, c2) = \text{forte}$ e $f(x, c3) = \text{media}$ e $f(x, c4) = \text{bassa}$ e $f(x, c5) = \text{bassa}$, allora $f(x, d) = B$;
- 3) se $f(x, c1) = \text{debole}$ e $f(x, c2) = \text{media}$ e $f(x, c3) = \text{alta}$ e $f(x, c4) = \text{media}$ e $f(x, c5) = \text{media}$, allora $f(x, d) = D$;
- 4) se $f(x, c1) = \text{debole}$ e $f(x, c2) = \text{media}$ e $f(x, c3) = \text{media}$ e $f(x, c4) = \text{bassa}$ e $f(x, c5) = \text{media}$, allora $f(x, d) = C$;
- 5) se $f(x, c1) = \text{debole}$ e $f(x, c2) = \text{media}$ e $f(x, c3) = \text{media}$ e $f(x, c4) = \text{bassa}$ e $f(x, c5) = \text{bassa}$, allora $f(x, d) = C$;
- 6) se $f(x, c1) = \text{debole}$ e $f(x, c2) = \text{debole}$ e $f(x, c3) = \text{alta}$ e $f(x, c4) = \text{media}$ e $f(x, c5) = \text{alta}$, allora $f(x, d) = D$;

23) Se avessimo considerato come insieme di attributi $P = \{c1, c2, c3\}$, la relazione di indiscernibilità generata sarebbe stata $U/Ip = \{\{1\}, \{2\}, \{3\}, \{4, 5\}, \{6, 7\}\}$. Determinando come sottoinsiemi di P, $R = \{c1, c2\}$, $S = \{c2, c3\}$, $T = \{c1, c3\}$, avremmo individuato un solo ridotto ovvero T, in quanto $IT = IP$, mentre $IR \neq IP$ e $IS \neq IP$. E' possibile, quindi, identificare l'attributo condizionale "superfluo" in P, che corrisponde a c2.

- 7) se $f(x, c1) = \text{debole}$ e $f(x, c2) = \text{debole}$ e $f(x, c3) = \text{media}$ e $f(x, c4) = \text{bassa}$ e $f(x, c5) = \text{bassa}$, allora $f(x, d) = C$.

L'insieme di regole appena descritte può essere opportunamente ridotto ad un set minimale impiegando un minor numero di attributi in ogni regola. In particolare, considerando solo l'attributo $c1$, si perviene alle seguenti regole decisionali:

- 1') se $f(x, c1) = \text{forte}$, allora $f(x, d) = A$;
2') se $f(x, c1) = \text{media}$, allora $f(x, d) = B$;
3') se $f(x, c1) = \text{debole}$, allora $f(x, d) = C \text{ o } D$;

e ancora, aggiungendo l'attributo $c4$ si è in grado di spiegare in modo univoco sia il valore C che quello D dell'attributo decisionale. Cioè:

- 4') se $f(x, c1) = \text{debole}$ e $f(x, c4) = \text{bassa}$, allora $f(x, d) = C$;
5') se $f(x, c1) = \text{debole}$ e $f(x, c4) = \text{media}$, allora $f(x, d) = D$.

E' possibile osservare che le regole 1'), 2'), 4') e 5') sono certe (o esatte) in quanto hanno un conseguente univoco, invece la regola 3') è una regola approssimata, in quanto non ha un conseguente univoco.

5. Considerazioni conclusive

La multifunzionalità riconosciuta allo spazio rurale pone all'attenzione problematiche legate, da un lato, alla scelta della localizzazione delle diverse attività nel territorio, e, dall'altro, alle modalità di gestione di tali attività, nell'ambito delle quali l'agricoltura assume ruolo fondamentale sia per la sua tradizionale funzione produttiva che per i servizi ambientali e paesaggistici che essa esplica, sottolineati e riconosciuti dagli ultimi orientamenti di politica comunitaria espressi nel ben noto documento "Agenda 2000", successivamente concretizzato nei regolamenti emessi nel corso del 1999 (cfr. Reg. CE n. 1257/99 e seguenti).

La molteplicità di attività presenti nel territorio rurale determina la presenza anche di diversi operatori che, ovviamente, tendono a perseguire obiettivi diversificati e molto spesso in conflitto fra loro. Nel merito, ben noti sono gli scontri di "opinione" che si verificano fra naturalisti, agricoltori, operatori del sistema agroindustriale e di quello estrattivo, operatori turistici, commercianti, urbanisti, e così via, con riferimento a problematiche legate all'allocazione delle attività ed al loro esercizio. La situazione risulta ancora più complessa,

allorquando tali problemi si affrontino nell'ambito di aree protette, dove la coesistenza della tutela dell'ambiente naturale e della fruizione delle risorse deve trovare una soluzione sostenibile, che nella salvaguardia dell'ambiente non soffochi le attività antropiche presenti nell'area sottoposta a vincolo ambientale.

Problematiche così complesse possono trovare soluzioni più o meno accettabili attraverso modelli di analisi multicriteri e multiattributi, che sono state impiegate in diverse situazioni²⁴.

Fra i modelli disponibili, recentemente è stata proposta la teoria dei "*rough sets*", che per proprie peculiarità è stata adottata con apprezzabile successo nelle analisi di decisioni multiattributi, in un primo tempo, e multicriteri, successivamente.

Le caratteristiche principali della teoria dei "*rough sets*" possono riassumersi nelle seguenti:

- capacità di trattare dati caratterizzati da vaghezza e imprecisione;
- capacità di utilizzare dati qualitativi; quelli quantitativi possono essere trattati dopo una specifica discretizzazione (almeno nella teoria originaria, poiché, a seguito di adattamenti metodologici, ciò non si rende più necessario – tecnica della dominanza, ecc.);
- sono sufficienti poche informazioni sulle preferenze espresse dal decisore;
- la tavola delle informazioni è costruibile anche con dati inconsistenti, che non vengono eliminati automaticamente a priori;
- non sono necessari pesi o parametri (a differenza di altri MDMC), ma l'"importanza" degli attributi costituisce un output;
- possibilità di evidenziare possibili relazioni causa-effetto tra i dati disponibili, sottolineando l'importanza ed il ruolo strategico di alcuni attributi e l'irrelevanza di altri ("ridotti" ed "essenziali");
- costruzione di un modello di preferenze in termini di regole decisionali del tipo "*se ... allora*";
- facilità di comprensione per il decision-maker.

L'analisi decisionale si pone l'obiettivo di fornire risposta a due tipi di domanda: spiegare la decisione (analisi retrospettiva); fornire

24) Fra i tanti, si citano i più significativi: Marinelli, Romano, 1990; Stellin, Rosato, 1990; Bernetti, Romano, 1992; Marangon, 1992; Bernetti, 1993; Prestamburgo, Marangon, 1993; Marangon, Rosato, 1995; Casini, Bernetti, Menghini, 1997; Nijkamp, Vindigni, 1998; Carbone, 1999.

aiuto al decisore sulle modalità con cui prendere decisioni in futuro (analisi prospettica). Proprio quest'ultima si fonda sulle regole decisionali ottenute dalla tavola delle decisioni: "... la fase della spiegazione, quindi, prepara quella della prescrizione, dandole utili informazioni per l'aiuto alle decisioni. Sotto tale aspetto, quindi, l'approccio dei rough sets è simile ad un processo di *apprendimento induttivo*...." (Matarazzo B., 1997).

La teoria dei "*rough sets*" si presta con successo a trattare informazioni inconsistenti, separando quelle certe da altre incerte, portando come risultato alla costruzione di un modello di preferenze in termini di regole decisionali del tipo "*se ... allora*". Rispetto ai modelli classici funzionali o relazionali adottati in altri metodi decisionali multicriteri, quello proposto dalla teoria dei rough sets è più generale e più comprensibile al decisore.

L'approccio dei "*rough sets*" all'analisi delle decisioni è stato prevalentemente utilizzato nei problemi di classificazione multiattributo (multi-attribute sorting problems). Recentemente, tuttavia, sono state elaborate delle estensioni dell'approccio originale dei "*rough sets*" (basato su approssimazioni costruite utilizzando *relazioni di dominanza* invece che quelle di indiscernibilità), che ne permettono l'applicazione a tutte le classi di problemi multicriteriali.

Rimandando alla bibliografia di riferimento per tutti gli approfondimenti necessari che in questa sede, per ovvie ragioni, non posso essere forniti, si ritiene che la teoria dei "*rough sets*", per le caratteristiche evidenziate, meriti di essere attenzionata quale valido strumento all'analisi delle decisioni, sia con riferimento a problemi di classificazione multiattributo sia a quelli di classificazione multicriteri, che, avuto riguardo alle problematiche ambientali, rappresentano quelli più interessanti e ricorrenti.

L'articolazione del modello, nel quale figurano parametri di diverso genere, ci porta a ritenere che la teoria dei "*rough sets*" sia assimilabile a strumenti di scelta *eco-eco* (ecologico - economica, Bresso M., 1991, 1993) in cui sono compresenti attributi di diversa natura, senza alcuna gerarchizzazione fra loro, derivanti da esperienze e studi in campi diversificati (ambientali, tecnici, economici), per l'applicazione dei quali occorrono apporti multidisciplinari, tutti ugualmente essenziali.

Bibliografia

- BANA & COSTA C. (1990): *Readings in Multiple Criteria Decision Aid*. Springer – Verlag, Berlino.
- BECATTINI G. (a cura di) (1989): *Modelli locali di sviluppo* . Il Mulino, Bologna.
- BELLIA F. (1971): *Aspetti dello sviluppo degli usi residenziali e ricreativi della terra nelle zone viticole dell'Etna*; in *Tecnica Agricola*, n. 1.
- BERNETTI I. – ROMANO D. (1992): *Un confronto fra metodologie alternative per la valutazione e la gestione delle risorse ambientali*; in *Atti del Simposio "Prospettive di ricerca nel settore dell'estimo operativo"*, AESTIMUM, numero speciale.
- BERNETTI I. (1993): *L'impiego dell'analisi multicriteriale nella gestione delle risorse forestali*; in *RIVISTA DI ECONOMIA AGRARIA*, n. 3.
- BERNETTI I. – ROMANO S. (1996): *La valutazione dei progetti di sviluppo turistico nei parchi naturali*; in *GENIO RURALE*, n. 4.
- BERNETTI I. – MARONE E. (2000): *La valutazione dell'impatto sull'economia locale derivante dall'istituzione di un'area protetta: una metodologia di analisi ex-ante*; comunicazione presentata al XXXVII Convegno SIDEA, Bologna 14-16 settembre.
- BRESSO M. (1991): *Riflessioni per la costruzione di un paradigma economico-ecologico*; in *OIKOS*, n. 4.
- BRESSO M. (1993): *Per un'economia ecologica*. NIS, Roma.
- CARBONE F. (1999): *La pianificazione multifunzionale delle foreste: l'applicazione di un modello integrato MCDM – GIS*; in *AESTIMUM*, n. 37.
- CASINI L. (1993): *La valutazione economica degli effetti dell'istituzione di un parco: l'analisi dell'impatto sull'economia locale*; in *RIVISTA DI ECONOMIA AGRARIA*, n. 1.
- CASINI L. – BERNETTI I. – MENGhini S. (1997): *Teoria delle "libertà" e metodi multicriterio per l'analisi delle condizioni di sviluppo rurale*; in *RIVISTA DI ECONOMIA AGRARIA*, nn. 1-2.
- CASINI L. (a cura di) (2000): *Nuove prospettive per uno sviluppo sostenibile del territorio*. Pubblicazione RAISA. ISAD e DEEAF. Studio Editoriale Fiorentino, Firenze.
- FANDEL G. – GAL T. (a, Berlino. cura di) (1980): *Multiple Criteria Decision Making Theory and Applications*. Springer Verlag.
- FUSCO GIRARD L. (1994): *I beni ambientali: valutazioni e strategie di conservazione tra conflitto e cooperazione*; in *GENIO RURALE*, n. 5.

- FUSCO GIRARD L. – NIJKAMP P. (a cura di): *Le valutazioni per lo sviluppo sostenibile della città e del territorio*. Franco Angeli, Milano.
- GAL T. – STEWART T. – HANNET T. (1999): *Multicriteria decision making*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
- GAMBELLI D. – ZANOLI R. (1998): *L'uso della fuzzy pattern recognition nell'analisi territoriale*; in GENIO RURALE, n. 2.
- GRECO S. – MATARAZZO B. – SLOWINSKI R. (1996): *Rough approximation of a preference relation by dominance relations*; ICS Research Report 16/96, Warsaw Univcrsity of Technology, Varsavia.
- GRECO S. – LO CASCIO S. – MATARAZZO B. – SLOWINSKI R. (1997): *A new rough set approach to evalaution of bankrupcty risk*; in ZOPOUNIDIS C.(a cura di) "New operational tools in the management of financial risks". Kluwer, Dordrecht.
- GRECO S. – LO CASCIO S. – MATARAZZO B. – SLOWINSKI R. (1998): *Rough set approach to collective decision support for integrated regional management*; relazione presentata al Seminario "Integrated methodologies for the analysis of regional sustainability", Ragusa, 28 ottobre.
- IACOPONI L.(1996): *La sfida della moderna ruralità: sviluppo rurale, ambiente e territorio*; in Atti del XXXIII Convegno SIDEA, Napoli.
- IACOPONI L. (1997): *Analisi economica della ruralità*; estratto da "Agricoltura e Ruralità", "I Georgofili. Quaderni", VII. Studio Editoriale Fiorentino, Firenze.
- INEA (1999): *Annuario dell'Agricoltura Italiana*. Il Mulino, Bologna.
- MARANGON F. (1992): *Agricoltura a minor impatto ambientale ed economia dell'azienda agraria, un approccio mediante l'analisi multiobiettivo*; in RIVISTA DI ECONOMIA AGRARIA, n. 4.
- MARANGON F. – ROSATO P. (1995): *L'analisi multicriteri nella gestione delle risorse naturali. Il caso delle risorse agroambientali*; in Economia delle fonti di energia e dell'ambiente, n. 2.
- MARANGON F. – TEMPESTA T. (1998): *La gestione economica delle aree protette tra pubblico e privato. Il caso di una zona umida costiera a Marano Lagunare*. FORUM, Udine.
- MARINELLI A. – ROMANO D. (1987): *Aspetti economici della pianificazione territoriale nel caso dei parchi*; in Studi di Economia e Diritto, n. 4.
- MARINELLI A. – ROMANO D. (1990): *Tutela dell'ambiente e gestione economia del bosco*; in Monti e Boschi, n. 5.
- MARINELLI A. – CASINI L. – ROMANO D. (1990): *Valutazione economica dell'impatto aggregato dei benefici diretti della ricreazione all'aperto di un parco naturale della Toscana*; in GENIO RURALE, n. 9.

MARINELLI A. (1994): *Nuovi indirizzi dell'estimo forestale e ambientale*; in AESTIMUM, numero speciale.

MATARAZZO B. (1997): *L'approccio dei rough sets all'analisi delle decisioni*; estratto da Atti del XXI Convegno Annuale A.M.A.S.E.S., Roma, 10-13 settembre.

MENGHINI S. (1999): *Il ruolo polifunzionale dell'agricoltura nelle scelte pubbliche per il governo del territorio nelle aree rurali*; in Atti del IXXX Incontro di Studio Ce.S.E.T., Padova, 8 ottobre.

MINISTERO PER L'AMBIENTE (1998): *L'ambiente informa*; n.2.

NIJKAMP P. – VINDIGNI G. (1998): *Integrated multicriteria analysis for sustainable agricultural policy evaluation*; in RIVISTA DI ECONOMIA AGRARIA, nn. 1-2.

PAPALE F. – STURIALE C. (1994): *Analisi del settore agro-zootecnico. Parco dell'Etna*.

PAWLAK Z. (1982): *Rough set*; in International Journal of Information & Computer Sciences, n. 11.

PAWLAK Z. (1997): *Rough set approach to knowledge-based decision support*; in European Journal of Operational Research, n. 99.

PEARCE D. W. – TURNER R. K. (1991): *Economia delle risorse naturali e dell'ambiente*. Il Mulino, Bologna.

PEARCE D. W. – MARKANDYA A. – BARBIER E. (1991): *Progetto per una economia verde*. Il Mulino, Bologna.

POLI MARCHESE E. (1991): *Piante e fiori dell'Etna*. Sellerio Editore, Palermo.

PRESTAMBURGO M. (1988): *Teoria economica e politica ambientale*; in RIVISTA DI ECONOMIA AGRARIA, n. 2.

PRESTAMBURGO M. – MARANGON F. (1993): *Scelta dell'azienda agraria e conflittualità degli obiettivi decisionali. Considerazioni alla luce del pensiero serpieriano*; in AA. VV.: "Arrigo Serpieri e la sua costruzione teorica fra economia politica e realtà settoriale". Firenze.

ROMANO D. – CARBONE F. (1993): *La valutazione economica dei benefici ambientali: un confronto fra approcci non di mercato*; in RIVISTA DI ECONOMIA AGRARIA, n. 1.

SIGNORELLO M. (1999): *Profili normativi ed economico-ambientali dei parchi naturali. Un caso applicativo: il Parco dell'Etna*. Tesi di dottorato di ricerca non pubblicata. Università degli Studi di Catania, A.A. 1998-99.

SLOWINSKI R. (a cura di) (1992): *Intelligent decision support, Handbook of applications and advances of the rough set theory*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

SLOWINSKI R. (1993): *A generalization of the indiscernibility relation for rough set analysis of quantitative information*; in *Rivista di matematica per le scienze economiche e sociali*, n. 15.

STELLIN G. – ROSATO P. (1990): *Un approccio multicriteriale alla gestione del territorio, il caso del Parco Naturale Regionale delle valli di Caorle e Bibione*; in *GENIO RURALE*, n. 9.

STELLIN G. – ROSATO P. (1998): *La valutazione economica dei beni ambientali*. Città Studi Edizioni, Torino.

STURIALE C. (1976): *Aspetti del mercato fondiario in zone agricole interessate a cambiamenti di utilizzazione economica della terra*; in *Atti del V Incontro del Ce.S.E. (Centro Studi di Estimo)*, Firenze.

STURIALE C. (1997): *L'esercizio dell'agricoltura nei Parchi e Riserve*; estratto dagli *Atti del Convegno provinciale su "Parchi e Riserve: quale modello per un corretto sviluppo del territorio locale"*. Castiglione di Sicilia, 18 ottobre.

TEMPESTA T. (1995): *La stima del valore ricreativo del territorio: un'analisi comparata delle principali metodologie*; in *GENIO RURALE*, n. 12.

TEMPESTA T. – THIENE M. (2000): *Il contributo delle aree protette allo sviluppo economico della montagna: uno studio nel Parco Naturale delle Dolomiti Ampezzane*; comunicazione presentata al XXXVII Convegno SIDEA, Bologna 14-16 settembre.

VAN DER BERGH J.C.J.M. – BUTTON K.J. – NIJKAMP P. – PEPPING G.C. (a cura di) (1997): *Meta-Analysis in Environmental Economics*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Tab. 1 - Aree protette per regione (ha) (*)

Regioni	Aree		Totale sup. protetta	% su territorio
	statali	regionali		
Piemonte	47.937	148.369	196.306	7,7
Valle D'Aosta	37.200	4.033	41.233	12,6
Lombardia	60.420	448.664	509.084	21,3
Prov. di Trento	19.350	83.806	103.156	16,6
Prov. di Bolzano	55.094	126.221	181.315	24,5
Veneto	37.346	55.569	92.915	5,1
Friuli Venezia Giulia	399	53.110	53.509	6,8
Liguria	16	59.879	59.895	11,1
Emilia-Romagna	23.834	102.524	126.358	5,7
Toscana	44.516	104.008	148.524	6,5
Umbria	18.609	40.875	59.484	7,0
Marche	64.955	21.675	86.630	8,9
Lazio	30.010	150.999	181.009	10,5
Abruzzo	235.468	76.239	311.707	28,0
Molise	5.190	1.056	6.246	1,4
Campania	190.503	148.570	339.073	24,9
Puglia	127.766	1.139	128.905	6,7
Basilicata	92.071	29.553	121.624	12,2
Calabria	196.837	750	197.587	13,1
Sicilia	-	227.161	227.161	8,8
Sardegna	11.711	650	12.361	0,5
ITALIA	1.299.232	1.884.850	3.184.082	10,5
NORD - CENTRO	439.686	1.399.732	1.839.418	10,3
MEZZOGIORNO	859.546	485.118	1.344.664	10,7

(*) Fonte: INEA, *Annuario dell'Agricoltura Italiana*, volume LII, 1998.

(**) Situazione a dicembre 1998. Non sono incluse le superfici di mare.

Zone	Superficie (ha)				% sup. agro forestale su territoriale	
	agraria	%	forestale	%	Totale	Territoriale
A	43	0,4	4.916	24,2	4.959	16,1
B	3.403	32,4	11.867	58,4	15.270	49,5
C	1.604	15,3	1.562	7,7	3.166	10,3
D	5.463	52,0	1.972	9,7	7.435	24,1
Totale	10.513	100,0	20.317	100,0	30.830	100,0
					58.095	53,1

(*) Fonte: Situazione desunta dalle analisi dello stato di fatto svolte per l'elaborazione del Piano Territoriale di coordinamento del Parco dell'Etna. Le analisi riflettono la realtà esistente verso il 1994, accertata attraverso la "lettura" delle foto aeree del territorio integrata da ricognizione su terreno, onde essa raggiunge un'elevata approssimazione.

Tab. 2 - Ripartizione della superficie agro-forestale del Parco dell'Etna per zone*

Fig. 1 PARCHI REGIONALI IN SICILIA

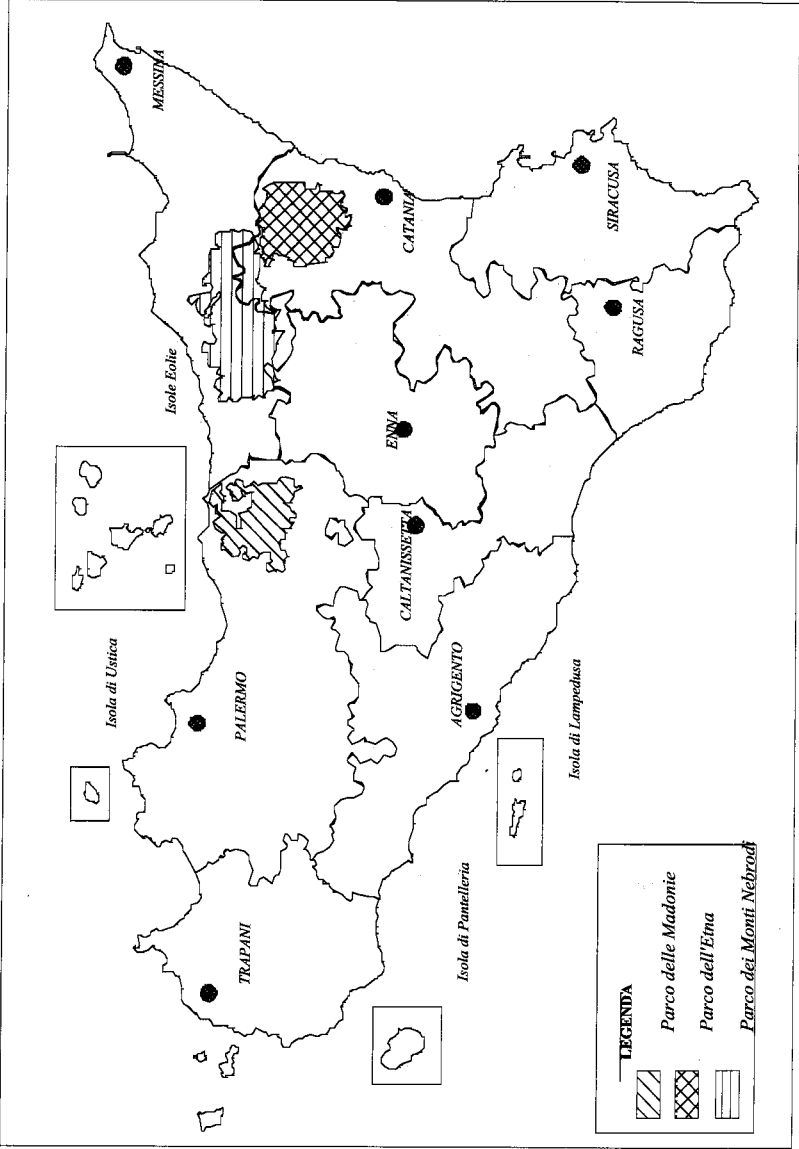


Fig. 2 ZONIZZAZIONE DEL PARCO DELL'ETNA

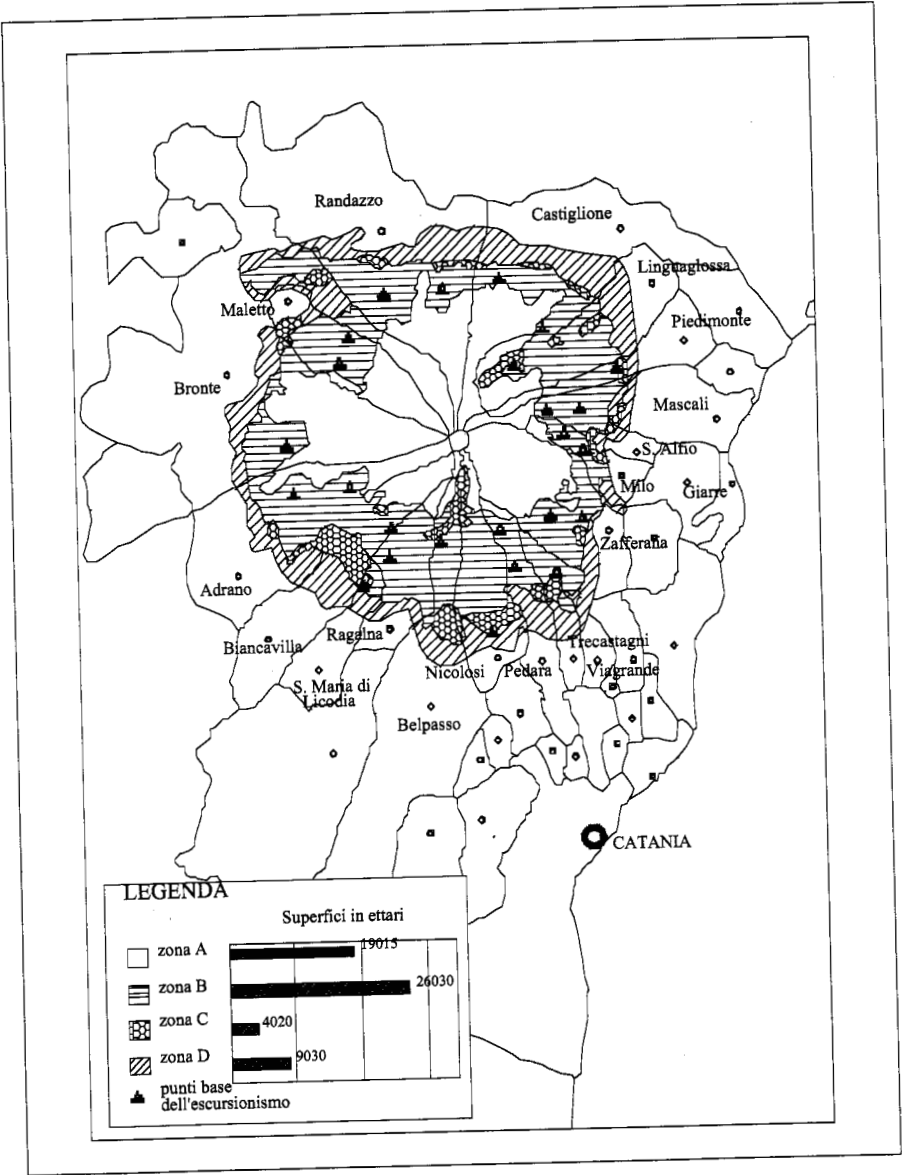


Fig. 3 - Approccio statistico e rough sets (*)

Problema	Metodi statistici	Approccio dei Rough sets
Obiettivi	Identificazione e stima dei parametri delle equazioni strutturali	Riduzione degli attributi ridondanti, generazione di regole di decisione
Rappresentazione dei dati	Tavole a due entrate che rappresentano un campione	Tavola delle informazioni
Tipi di attributi	Attributi quantitativi (almeno nel caso classico)	Attributi qualitativi: gli attributi quantitativi sono trasformati in qualitativi per mezzo di una
Requisiti dei dati	Il campione deve essere statisticamente rappresentativo; distribuzione multivariata normale	Nessun requisito; possibilità di analizzare anche tavole delle informazioni di ridotte dimensioni
Operatori per l'aggregazione dei dati	Valori medi, matrice delle covarianze, test statistici	Nessun operatore; i dati vengono analizzati nella loro forma originaria
Riduzione dei dati	Selezione di attributi con il maggiore potere discriminante; tipico strumento: test statistici	Sottoinsiemi minimali di attributi che assicurano la stessa qualità di classificazione dell'intero insieme di attributi
Risultati finali	Rappresentazione funzionale	Regole di decisione nella forma di proposizioni logiche

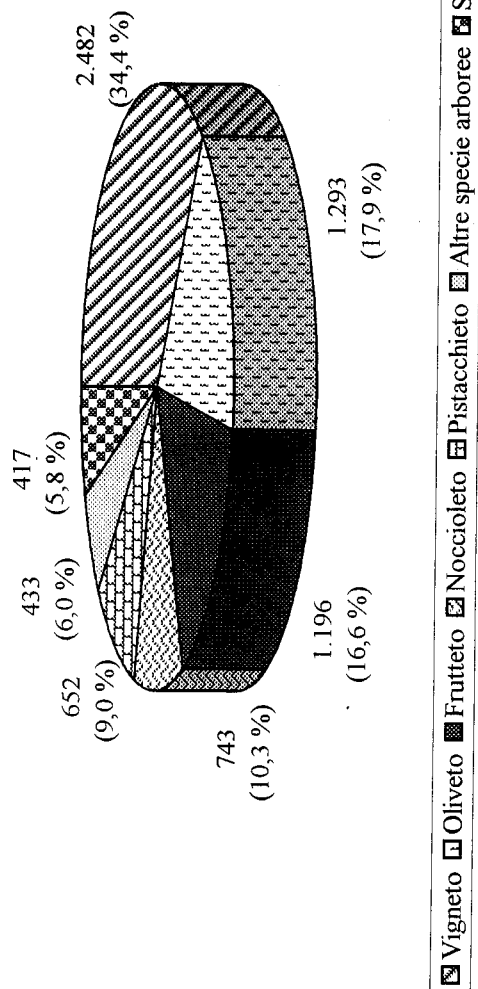
(*) Fonte: Matarazzo B., 1997.

Fig. 4 - Fuzzy sets e rough sets (*)

Problema	Fuzzy sets	Rough sets
Incertezza (conoscenza imperfetta)	<i>Vaghezza</i> delle informazioni dovuta alla non precisa definizione degli insiemi	<i>Granularità</i> della conoscenza dovuta alla <i>indiscernibilità</i> tra oggetti in un insieme
Informazioni addizionali	Grado di appartenenza	Nessuna
Elaborazione dati	In modo “esatto”, utilizzando la funzione di appartenenza	In modo “impreciso”, usando le approssimazioni inferiori e superiori
Modellizzazione matematica	Generalizzazione al continuo della funzione caratteristica di un insieme, delle relazioni binarie e degli operatori logici	Calcolo di opportune partizioni, approssimazione di una data classificazione e utilizzazione di sottoinsiemi minimali di attributi
Un esempio dalla elaborazione di immagini	<i>Livelli di grigio</i> tra il nero e il bianco (gradi di funzioni di appartenenza)	<i>Dimensione dei pixels</i> usati per approssimare i contorni delle immagini (granularità)

(*) Fonte: Matarazzo B., 1997.

GRAF. 1 - CONSISTENZA DELLE COLTURE AGRARIE NEL
PARCO DELL'ETNA (ettari)



(*) Fonte: STURIALE C. L'esercizio dell'agricoltura nei Parchi e Riserve. Estratto dagli atti del Convegno provinciale su: "Parchi e Riserve: quale modello per un corretto sviluppo del territorio locale". Castiglione di Sicilia 18 ottobre 1997.