

RETORICA E SCIENZA

*Sulla Previsione*

DARIO ALBARELLO

Università degli Studi di Siena

Corresponding author e-mail: [dario.albarello@unisi.it](mailto:dario.albarello@unisi.it)

**ABSTRACT**

*La modernità ha delineato il futuro come spazio di libertà. Questo spazio è garantito dalla coesistenza di modelli previsionali legittimati da procedure che ne garantiscono la coerenza interna e sono corroborati da dati osservativi. Ma la coesistenza di modelli potenzialmente efficaci richiede anche una valutazione comparata che attribuisca opportuni valori di verosimiglianza agli scenari alternativi che questi modelli delineano. Sulla base di queste valutazioni, la comunità è chiamata a decidere quali modelli adottare attraverso una pratica politica capace di implementare scelte consapevoli dei vincoli che il paradigma scientifico pone e tenga contestualmente conto dei valori e dei desideri di quella comunità.*

*Modernity has outlined the future as a space of freedom. This space is guaranteed by the coexistence of forecast models legitimized by procedures that guarantee internal consistency and are corroborated by observational data. But the coexistence of potentially effective models also requires a comparative evaluation that attributes appropriate likelihood values to the alternative scenarios that these models outline. Based on these assessments, the community is called upon to decide which models to adopt through a political practice capable of implementing choices that are aware of the constraints that the scientific paradigm poses and jointly consider the values and desires of that community.*

**KEYWORDS**

*Forecast, scientific paradigm, models, demonstration and argumentation*



<https://doi.org/10.6092/issn.2724-5179/12312>

## Introduzione

**I**l futuro, per definizione, non esiste. Quindi, il futuro non può essere conosciuto (nel senso di essere oggetto di una esperienza condivisa)<sup>1</sup> ma solo immaginato o, meglio, ‘costruito’ proiettando in avanti l’esperienza del passato o quello che si pensa vero oggi. Il futuro è quindi la costruzione artificiale di uno scenario virtuale (una previsione) nel quale le aspettative o le paure dell’oggi possano prendere forma. Si potrebbe dire, parafrasando Javier Cercas, che il futuro è una delle dimensioni del presente. Pure in questo ruolo il futuro ha però una storia (Paul Valery nel 1931 scriveva: ‘Il futuro non è più quello di una volta’).<sup>2</sup>

In modo assai semplicistico si può dire che nel mondo antico il futuro è vissuto passivamente perché posto nelle mani di divinità capricciose che continuamente mettono a repentaglio la vita degli uomini. In un mondo in continuo divenire, il futuro è il luogo minaccioso nel quale il presente di ciascuno può dissolversi (la ‘crisi della presenza’ di cui parla Ernesto De Martino).<sup>3</sup> L’unica speranza è che quella divinità invii segnali che un occhio esperto può leggere e interpretare (con tutte le ambiguità del caso) per tentare di mettere riparo, per quanto possibile, all’inevitabile. Costruire queste previsioni è il ruolo della divinazione e delle sue tecniche<sup>4</sup> che hanno operato per millenni sulla base di una legittimazione ancestrale che affonda le sue radici nella tradizione. Tecniche assai malviste dalla Chiesa di Roma<sup>5</sup> perché mostrano di voler indagare con arroganza l’imperscrutabile disegno divino.<sup>6</sup> In ogni caso, il futuro è dominato dall’Autorità che legittima o delegittima la visione del futuro incanalandola comunque all’interno di un processo unitario fissato per sempre<sup>7</sup> che la comunità condivide e nel quale ciascun individuo ha il suo posto definito una volta per tutte: ha un ‘destino’ segnato all’atto della nascita e talvolta siderato nel suo stesso nome (*Nomen Omen*).

L’avvento della modernità cambia questo scenario. La compattezza della visione antica si sgretola progressivamente con la presenza di moduli interpretativi diversi (si pensi alla Riforma) che condividono ora la scena sociale. Più che il contenuto di questi moduli (ciascuno a suo modo totalizzate e a tratti illiberale), è la loro stessa competizione a creare spazi di libertà. In questa nuova condizione, ciascuno è invitato a scegliere da che parte stare. Allargando a dismisura lo spazio che il pensiero cristiano pure assegna alle scelte individuali, queste si appropriano per intero della scena. L’individuo diventa oggetto conteso di un proselitismo militante ma, allo stesso tempo, soggetto titolare di una libertà di scelta mai conosciuta prima. Anche il futuro, allora, cambia: si aprono nuove possibilità per le catene che si allentano. La previsione diviene più che mai lo strumento per esplorare le possibili conseguenze delle azioni (o inazioni) e giustificarle agli occhi propri e a quelli del gruppo sociale di appartenenza. Il futuro diventa anche luogo delle opportunità colorandosi, come mai prima, anche di toni positivi; ma diventa anche il luogo nel quale ciascuno viene chiamato alla propria responsabilità. Con le prime compagnie assicurative appare sulla scena il concetto di rischio<sup>8</sup> che dilaterà le sue implicazioni fino a permeare, secondo alcuni, l’intera organizzazione sociale.<sup>9</sup> La previsione diventa una necessità sociale



ed anche un rimedio psicologico a quell'angoscia del divenire che Emanuele Severino identifica come la malattia antica del pensiero occidentale e della modernità. La modernità in qualche modo si appropria del futuro dandogli addirittura una struttura logica.<sup>10</sup>

L'avvento delle modernità crea le condizioni perché il futuro possa essere costruito. La legittimazione della previsione non può più basarsi sulla tradizione (questa non basta più dato che ce n'è più d'una) ma sarà solo la sua efficacia a garantirne il valore. Da una valutazione *ex-ante* (la tradizione) si passa ad una valutazione empirica *ex-post*, basata sui risultati ottenuti (l'efficacia). Sarà il tribunale dell'esperienza condivisa a giudicare la previsione: un tribunale nel quale, idealmente, tutti i membri della comunità sono chiamati a giudicare.<sup>11</sup> Questa configurazione 'sociale' della valutazione è l'elemento chiave di quella che chiamiamo costruzione 'scientifica' (direi meglio 'democratica') della conoscenza.

Se la legittimazione avviene essenzialmente *ex-post*, allora sarà possibile (e anche necessaria) l'esistenza di procedure predittive alternative in competizione fra loro. Perché la valutazione abbia luogo, deve essere poi possibile stabilire regole interpretative e modalità di confronto con quanto è effettivamente accaduto che siano discriminanti (da qui il carattere quantitativo delle previsioni valutabili). In alcuni ambiti (in particolare in quello delle cosiddette Scienze della Natura) questo impone limiti piuttosto stringenti alle caratteristiche che la previsione deve avere per poter essere considerata potenzialmente efficace e quindi competitiva.<sup>12</sup> In altri contesti disciplinari, alcune delle condizioni giudicate necessarie nelle Scienze Naturali possono essere considerate inapplicabili senza per questo ledere il valore attribuito alle relative argomentazioni nello specifico contesto di applicazione.

Nella prima parte del testo che segue cercherò di illustrare le modalità con le quali si costruisce una previsione all'interno di uno specifico paradigma, ovvero quello caratteristico delle Scienze della Natura e che per comodità chiamerò nel seguito 'scientifico', facendo di questo termine un uso fin troppo restrittivo. La scelta di questo paradigma fra i molti possibili è certamente legata all'esperienza dello scrivente nell'ambito della previsione di eventi di origine naturale.<sup>13</sup> Ma si tratta anche di un paradigma all'interno del quale è netta la distinzione di ruolo fra coloro che costruiscono la previsione valutandone l'efficacia (la comunità degli esperti) e coloro che la utilizzano come base per una politica di riduzione del rischio (la comunità degli utilizzatori). Per quanto manchi di esaustività, questa posizione permette una maggiore 'teatralizzazione' della dinamica che opera nella costruzione della previsione (quindi nel mondo degli esperti), mettendo in maggiore evidenza meccanismi che operano, magari in forma diversa, anche per altri tipi di previsioni.

Nella seconda parte del testo discuterò la maggiore criticità associata a questo modo di costruire il futuro che è legata alla domanda: se l'efficacia di una procedura può essere giudicata solo *ex-post* e se esistono procedure alternative, come posso scegliere oggi di affidarmi all'una o all'altra?



<https://doi.org/10.6092/issn.2724-5179/12312>

## **Gli strumenti della previsione nel paradigma scientifico**

La possibilità di previsione relative ad un dato fenomeno è fondata sulla esperienza condivisa (o potenzialmente condivisibile) di forme di ‘regolarità’ esibite da quel fenomeno. All’interno di una manifesta variabilità complessiva del Mondo, queste regolarità possono configurarsi come vere e proprie ripetizioni dello stesso esito in certe determinate circostanze o in forma di ‘propensioni’,<sup>14</sup> ovvero come esiti che, pur essendo individualmente differenti, si collocano all’interno di un certo dominio di possibilità.<sup>15</sup> Di fatto, solo processi che mostrino queste regolarità possono essere oggetto di previsione: questo circoscrive l’ambito dei fenomeni legittimamente oggetto di indagine ‘scientifica’ (di certo per quanto riguarda le Scienze della Natura). Per identificare queste ripetizioni o queste propensioni è necessario uniformare in qualche modo le osservazioni in modo da valutare differenze e somiglianze fra le diverse realizzazioni del fenomeno. Si tratta quindi di definire delle convenzioni (di nuovo il carattere condiviso, ‘politico’ del sapere nella modernità) e degli standard di riferimento (per esempio i sistemi di unità di misura, o gli schemi classificatori al modo di Linneo) che consentono di classificare le singole realizzazioni di un dato fenomeno per poterle confrontare fra loro.<sup>16</sup>

In linea di principio, avendo a disposizione una grande quantità di osservazioni relative ad un dato fenomeno è possibile costruire schemi di previsione puramente fenomenologici (i cosiddetti approcci ‘data-driven’)<sup>17</sup> ovvero basati su schemi di calcolo numerico i cui parametri cambiano continuamente in funzione del flusso informativo che li alimenta. Si tratta quindi di forme di previsione a breve termine che vanno continuamente aggiornate dato che non implicano nessuna ricostruzione del processo responsabile di quanto accade. In molti ambiti, questo tipo di approccio alla previsione appare praticabile ed efficace (soprattutto in mancanza di alternative). Tuttavia, esso risulta del tutto inapplicabile laddove le regolarità sono assai vaghe o l’esperienza relativa è scarsa e di breve durata in rapporto all’estensione temporale richiesta alla previsione (si pensi al caso dei terremoti o delle pandemie). In questi casi, l’osservazione fenomenologica degli eventi del passato permette di delimitare il campo delle previsioni ma non basta, da sola, a garantirne l’efficacia.<sup>18</sup>

Lo strumento chiave per superare questa difficoltà è la costruzione di modelli che esibiscano le stesse forme di regolarità del fenomeno osservato. Un modello è una costruzione artificiale che, a fronte di opportuni ‘stimoli’, esibisce comportamenti sperimentalmente ‘simili’ a quelli del fenomeno i cui esiti sono da prevedere. Il modello, ovviamente, ‘rappresenta’ il fenomeno ma non ne condivide necessariamente la natura: il modello è una ‘metafora’ del processo. I modelli hanno le forme più varie: possono essere oggetti materiali (un orologio o un mappamondo) o forme astratte (un sistema di equazioni differenziali, una carta geografica), possono essere ‘analogici’ (nel senso che sono costruiti con gli stessi materiali della situazione che si vuole riprodurre anche se in una scala diversa) o numerici (permettono di calcolare valori numerici corrispondenti alle grandezze osservate) come il modello discusso nel seguito a scopo puramente illustrativo. Non è necessario ipotizzare una corrispondenza fra gli elementi costitutivi del modello e la realtà che aspirano a riprodurre,



anche se in molti casi è una specifica immagine intuitiva del processo soggiacente a guidare la formulazione il modello.

Il modello è per definizione incompleto perché ha lo scopo di riprodurre solo alcuni aspetti del fenomeno, ovvero solo quelli oggetto della previsione: l'idea di un modello perfetto sarebbe un paradosso.<sup>19</sup> Le caratteristiche del modello devono essere abbastanza complesse da catturare la fenomenologia nota ma non oltre: un modello troppo complesso diviene ingestibile ed economicamente svantaggioso (vale quel principio economico che prende il nome di 'Rasoio di Occam').<sup>20</sup>

L'uso di modelli (in forma di Teorie o strutture formali) si è andato progressivamente diffondendo, occupando (più o meno legittimamente) varie aree del sapere. Si sono sviluppate 'regole d'arte' condivise che danno ai modelli la robustezza necessaria al loro scopo. La progressiva 'matematizzazione' di questi modelli<sup>21</sup> ha costituito l'ossatura di questo processo: l'uso di un linguaggio formalizzato dà accesso a quel 'guazzabuglio variopinto di tecniche' (la matematica come la definiva Wittgenstein)<sup>22</sup> che ha la duplice funzione di garantire la coerenza<sup>23</sup> interna del modello (ma non la sua efficacia) e di renderlo manipolabile più agevolmente. Ma soprattutto permette la sua generalizzazione, mettendo in evidenza la configurazione formale degli elementi che lo costituiscono, al netto dell'interpretazione che si dà a ciascuno di questi. In particolare, rende esplicito il rapporto fra le grandezze che rappresentano i parametri di controllo (ovvero quelli che specializzano il modello alla specifica situazione) e gli esiti di questo modello. La forma matematica di questi modelli consente la loro combinazione con la generazione di strutture assai complesse (si pensi alla meccanica newtoniana).

Si potrebbe dire che ogni disciplina è una collezione di modelli potenzialmente efficaci in quanto coerenti e corroborati da osservazioni, ovvero tali da aver mostrato di produrre previsioni corrette almeno in alcuni contesti e situazioni.<sup>24</sup> Ci sono modelli che funzionano talmente bene e per un tempo talmente lungo da far immaginare che il modello sia il 'Mondo', dimenticando il suo carattere inerentemente artificiale. Di fatto, il modello (la Teoria) diviene un modo per organizzare l'esperienza. L'esperienza viene letta attraverso quel modello, il mondo diviene quel modello e, nelle forme più deteriori, tutta l'esperienza finisce con l'essere costretta forzatamente nel modello.<sup>25</sup>

Ci sono modelli semplici e con poche pretese e modelli estremamente complessi dai quali ci si aspettano previsioni assai accurate. All'interno di ciascuna disciplina, intere comunità di specialisti si dedicano alla manutenzione di questi modelli, al controllo del loro funzionamento nel riprodurre dati osservativi sempre nuovi, al loro sviluppo, all'esplorazione delle implicazioni del modello spesso implicite e non chiare in una prima formulazione. In questo continuo lavoro i modelli vengono formulati, abbandonati e talvolta recuperati a distanza di anni ricomparendo in una forma nuova. Entrano in conflitto fra loro (in fondo le 'rivoluzioni scientifiche' di cui parla Kuhn<sup>26</sup> sono conflitti fra modelli che vogliono occupare interamente la scena), si combinano o semplicemente coesistono (talvolta faticosamente) nonostante le ambizioni della comunità di riferimento



<https://doi.org/10.6092/issn.2724-5179/12312>

nella ricerca di un mitico modello omnicomprensivo (la ‘Teoria del Tutto’<sup>27</sup> o il ‘Modello dei Modelli’ come lo definisce ironicamente Calvino)<sup>28</sup>.

### **I modelli come ‘macchine’ per le previsioni**

Si è detto che la base razionale del modello sta nella sua capacità di riprodurre le regolarità osservate in passato. I modelli sono per definizione imperfetti (colgono solo alcuni aspetti del processo) e provvisori (valgono entro certi limiti e solo finché si dimostrano efficaci). Ma pur con tutti questi limiti, i modelli sono lo strumento per la previsione, in ragione dell’efficacia mostrata da ciascuno di questi nel riprodurre le regolarità osservate in passato: date alcune condizioni rappresentative della situazione attuale, ci si aspetta che il modello produrrà esiti che, auspicabilmente, anticipano quanto accadrà.

Va tenuto presente che la giustificazione di questo utilizzo non sta (e non può stare) nel modello stesso. Infatti, come scrive Poincaré «per quanto una previsione possa apparirci solidamente fondata, non siamo mai assolutamente certi che l’esperienza non la smentirà».<sup>29</sup> Infatti, il modello viene applicato per ‘analogia’:<sup>30</sup> si assume che le condizioni valide oggi siano analoghe a quelle che hanno portato alla costruzione di quel modello e ne hanno mostrato l’efficacia in quella situazione. Questa assunzione non può essere giustificata a priori ma solo alla prova dell’esperienza che, per forza di cose, può operare solo ex-post. Di fatto, nell’affidarci ad un modello compiamo un atto di fiducia che può essere accettato solo sulla base delle sue passate applicazioni<sup>31</sup> e non della sua attuale e non dimostrata efficacia predittiva. La previsione prodotta, per quanto figlia di un modello ‘perfetto’, coerente e capace di fornire indicazioni univoche, finisce quindi per essere comunque circondata da un’aura di incertezza.

Questa incertezza ha molti motivi di esistere. La prima fonte di incertezza (la cosiddetta incertezza ‘aleatoria’) è legata alla struttura interna del modello. Negli ultimi anni, è cresciuta la consapevolezza che anche modelli ‘geneticamente’ deterministici (fissate alcune condizioni, la previsione è univocamente data) possono generare previsioni incerte<sup>32</sup> ovvero tali da coprire uno spazio di possibilità assai ampio. I modelli hanno infatti diversi livelli di articolazione interna e quindi di complessità (il limite è la realtà stessa). Maggiore è la complessità e più ampio è il potenziale dominio di applicazione anche se non necessariamente questo comporta una maggiore efficacia potenziale. Tuttavia, all’aumento di complessità corrisponde necessariamente un aumento del numero di parametri di controllo necessari a produrre previsioni e quindi maggiore è la sensibilità della previsione ai valori attribuiti a ciascuna combinazione di questi parametri. Si può dire che complessità di un modello è misurata proprio dalla sensibilità ai valori attribuiti ai parametri di controllo e alle condizioni iniziali imposte al modello (ovvero alla situazione nota all’atto della previsione). La maggiore complessità rende la previsione più incerta a causa anche dell’effetto combinato delle piccole imprecisioni nei valori da attribuire ai parametri di controllo sui risultati finali.

La seconda fonte di incertezza (che viene comunemente definita ‘epistemica’) è esterna al



modello e riguarda la sua effettiva applicabilità alla specifica situazione. Si è detto che la scelta di usare un modello viene da una pretesa analogia con la situazione idealizzata nel modello all'atto della sua formulazione. Questa analogia non potrà essere perfetta. Spesso è la stessa generalizzazione del modello a indurre usi impropri: si pensi all'impiego del tutto fuorviante del modello della meccanica planetaria (di grande successo nella previsione dei fenomeni astronomici) applicato alla scala atomica (il nucleo come il sole e gli elettroni come pianeti). Si pone quindi il problema della rappresentatività del modello: fino a che punto gli elementi trascurati nel modello all'atto della sua formulazione sono effettivamente trascurabili nella sua attuale applicazione? Infine, sono oggi disponibili sul 'mercato' della Scienza molti modelli capaci di riprodurre in modo simile le stesse osservazioni ma che per valori diversi dei parametri di controllo forniscono previsioni completamente diverse. La necessità di scegliere fra questi modelli espande ulteriormente il livello di incertezza associata alle previsioni.

### **Gestire l'incertezza**

Queste incertezze (epistemiche o aleatorie che siano) esistono e non possono essere ignorate. La loro esistenza non mette in discussione l'intero sistema (che non sembra avere alternative) mentre pone con forza il problema della loro gestione all'interno di un quadro concettuale coerente. Questa esigenza si pone con tanto maggiore forza, quanto più importante è la previsione nella modulazione di azioni volte a condizionare gli effetti di eventi futuri. La produzione di modelli cresce assai più velocemente dell'insieme di osservazioni standardizzate che dovrebbero corroborarli. La situazione è quindi quella della coesistenza di una molteplicità di modelli potenzialmente efficaci e tutti compatibili con le osservazioni (ovvero in grado di riprodurle). Da un punto di vista pragmatista,<sup>33</sup> modelli che prevedono lo stesso futuro sono lo stesso modello. Il problema si pone invece quando i modelli proposti sono non solo diversi nella loro formulazione ma producono anche scenari futuri significativamente differenti. In questo caso, la previsione richiederà la scelta di un modello fra quelli ritenuti potenzialmente efficaci dalla comunità di riferimento. Scegliere fra questi il modello da utilizzare equivale a 'scegliere' un futuro. Questa scelta è effettuata, per forza di cose, su base fiduciaria ed implica un giudizio di verosimiglianza sulle previsioni che il modello produce. Il giudizio di verosimiglianza rinuncia alla determinazione della verità associata ad una proposizione (predittiva in questo caso) ma, prendendo atto delle incertezze presenti, si limita ad esprimere una sorta di propensione nei confronti della verità o falsità della proposizione stessa. La moderna manipolazione di questi giudizi di verosimiglianza all'interno di una argomentazione razionale (ovvero coerente) trova una sua configurazione all'interno della cosiddetta 'Teoria della Probabilità' nella sua formulazione soggettivista.<sup>34</sup> Questa teoria è una architettura formale che aiuta nella costruzione di giudizi di verosimiglianza coerenti a partire dalle informazioni disponibili. In questa formalizzazione, vengono manipolati giudizi di verosimiglianza relativi a proposizioni che esprimono un possibile stato di cose (presente o futuro) e convenzionalmente espressi in



<https://doi.org/10.6092/issn.2724-5179/12312>

forma numerica, con valori che spaziano fra 0 (la proposizione è certamente falsa) a 1 (la proposizione è certamente vera) mentre i valori intermedi sono utilizzati per esprimere le varie sfumature di giudizio. Alla teoria non compete la determinazione del giudizio, ma quella della manipolazione coerente (ovvero non contraddittoria) dei giudizi elaborati relativamente a proposizioni coordinate. Da un certo punto di vista, la teoria della probabilità è una versione formalizzata e coerente della retorica classica intesa come tecnica dell'argomentazione plausibile.<sup>35</sup> Infatti, come nella retorica classica, perché il giudizio sia condiviso al punto da fare del modello in questione il riferimento per l'azione collettiva, questo deve essere argomentato per persuadere (o convincere) la comunità di riferimento. Si è detto che la teoria della probabilità permette di costruire argomentazioni coerenti attraverso una opportuna manipolazione dei giudizi di verosimiglianza, ma non li determina: questi giudizi vanno definiti all'esterno della teoria della probabilità. All'interno del paradigma scientifico, questi giudizi andrebbero costruiti attraverso procedure codificate e condivise a partire dalle informazioni disponibili. In questo senso, il livello di corroborazione sperimentale del modello nelle sue passate applicazioni gioca un ruolo chiave: maggiore è la quantità di volte in cui il modello ha funzionato (in condizioni analoghe a quelle attuali) e più è 'probabile' funzioni ancora. Tuttavia, se è possibile costruire procedure formalizzate per misurare il possibile contrasto fra osservazioni e modello,<sup>36</sup> non altrettanto facile è dimostrarne l'efficacia ovvero dimostrare la verità empirica dei suoi risultati.

In molti casi le osservazioni non permettono neanche una valutazione di questo tipo: per esempio quando il modello è applicato 'per analogia' in ambiti diversi da quelli nel quale era stato sviluppato, o quando le sue previsioni riguardano futuri remoti o eventi di fatto non osservabili oppure quando le 'evidenze' non sono così discriminanti (per qualità o quantità). In questi casi altri fattori influenzeranno la scelta, elementi che hanno più a che fare con l'argomentazione che con la dimostrazione: la somiglianza con modelli comunemente accettati, l'autorevolezza dei proponenti, la mancanza di alternative, l'«eleganza» della sua formulazione, la sua articolazione o la sua compattezza, il suo potere euristico, ecc. Come sostiene Marcello Pera,<sup>37</sup> diviene evidente un'articolazione del discorso scientifico che coinvolge tre elementi: in 'mondo' (ovvero 'tutto ciò che accade' per dirla con Wittgenstein)<sup>38</sup> con le sue 'regolarità', coloro che costruiscono i modelli e la comunità di riferimento (quella degli 'esperti') chiamata a giudicarli. Questa articolazione premette di distinguere chiaramente fra lo sviluppo e la determinazione della potenziale efficacia di un modello: nel primo domina il paradigma dimostrativo mentre nel secondo quello argomentativo.

### **Scegliere un futuro**

Si è detto che l'esito finale di questo processo di costruzione, selezione e valutazione dei modelli da parte degli 'esperti' è l'assegnazione a ciascuno di questi di un livello di probabilità, da cui discende l'assegnazione di un livello di verosimiglianza agli 'scenari' che i diversi modelli definiscono. In molti casi la molteplicità degli scenari plausibili è molto



ristretta (si pensi alla balistica o alla previsione di fenomeni astronomici) grazie al buon funzionamento dei modelli stessi e all'efficacia delle procedure di selezione. In altri casi sono invece assai ampie, per esempio a causa di un orizzonte temporale interessato dalla previsione che va molto oltre il campo di osservazioni disponibili per valutarlo (si pensi per esempio ai modelli cosmologici o a quelli climatologici) o per la estrema sensibilità del modello a piccole variazioni dei parametri di controllo (i cosiddetti fenomeni complessi descritti da Ruelle).<sup>39</sup> Ma se il compito degli scienziati o degli esperti si esaurisce nella elencazione degli scenari plausibili e nell'assegnazione di un valore di verosimiglianza a ciascuno di questi, il problema della scelta dello scenario che sarà la base di un'azione volta a prevenire possibili evenienze dannose, procurare risorse o approfittare di eventuali opportunità rimane aperto. Questo problema non può essere risolto all'interno del paradigma scientifico. Laddove è un'intera comunità a dover fare le spese delle scelte effettuate, sarà questa comunità nella sua interezza, con i suoi valori e i suoi bisogni a doversi fare carico della scelta. Entra allora in gioco prepotentemente un elemento etico legato alla responsabilità,<sup>40</sup> ovvero alla considerazione delle conseguenze attese e i rischi sottesi all'operare in vista di uno scenario possibile ma non determinato. La razionalità 'scientifica' lascia il campo alla razionalità della politica come esercizio della libertà di scelta, libertà di scelta chiamata in causa dallo spazio di possibilità disegnato dalla conoscenza scientifica. Lo scenario diviene ancora di più quello dell'argomentazione ma i protagonisti non sono più gli esperti ma l'intero corpo sociale. In questo ambito, non è (e non deve essere) in discussione l'insieme delle conoscenze messe a disposizione degli esperti, ma piuttosto la valutazione delle azioni e delle possibili conseguenze di queste in vista dello scenario scelto come riferimento. Un elemento chiave di questo processo è il corretto trasferimento di informazioni (la comunicazione) fra la comunità degli esperti e quella dei decisori (la società civile e i suoi rappresentanti). Questo trasferimento risulta negli ultimi tempi viziato da una temperie culturale che tende a mescolare i ruoli: da un lato alcuni membri della comunità scientifica che si appellano impropriamente alla comunità 'dei laici' per risolvere conflitti all'interno della loro comunità di riferimento e far prevalere la propria visione, dall'altra una società che guarda con sospetto l'esoterismo del linguaggio tecnico.<sup>41</sup> In questa situazione l'argomentazione al servizio di una razionalità politica dovrebbe svolgere un ruolo di intermediazione perché sia l'intera comunità, senza distinzioni, ad appropriarsi responsabilmente del proprio futuro.

### **Un esempio teorico**

Allo scopo di mettere in scena quanto detto finora, può essere utile fare riferimento ad una situazione puramente teorica ma realistica che utilizzerò a scopo illustrativo. Supponiamo che esista una piccola isola in prossimità di un continente dove sta sviluppandosi una epidemia con caratteristiche ancora poco note salvo per la rapidità con cui il contagio si propaga. L'Autorità locale (il Sindaco per esempio) vuole tentare di valutare l'impatto dell'epidemia sull'isola. In particolare, vorrebbe sapere quali misure adottare per evitare



che la frazione di popolazione debilitata a seguito della malattia abbia dimensioni tali da rendere ingestibili i servizi necessari alla sopravvivenza della popolazione residente. Convoca la comunità scientifica di riferimento nell'isola (i due medici condotti e il Professore di Matematica e Scienze della locale scuola media) perché delineino gli scenari attesi in modo da individuare le azioni necessarie a ridurre l'impatto della possibile epidemia. I medici non sono epidemiologi ma sanno che le epidemie del tipo di quella in corso hanno caratteristiche che tendono a ripetersi (crescono rapidamente, raggiungono un massimo per poi decrescere progressivamente), inoltre sanno per esperienza che gli elementi principali che condizionano di solito questo tipo di epidemie sono la contagiosità del singolo infetto e la quantità di soggetti potenzialmente esposti al contagio che ciascun infetto può incontrare e contagiare. Per prevedere l'evoluzione del numero di contagi nell'ipotesi che un agente patogeno (il virus di cui si teme l'arrivo) raggiunga l'isola, gli esperti consultati suggeriscono di utilizzare un modello epidemiologico assai semplice che è stato usato in passato riproducendo efficacemente l'andamento di alcune epidemie.<sup>42</sup> Nel modello, in ogni momento la popolazione dell'isola è suddivisa in tre gruppi: i 'Sani' che possono ammalarsi ( $S$ ), gli 'Infetti' ( $I$ ) e i 'Guariti' ( $R$ ). Assumendo che nell'intervallo di previsione 1) non nasca nessuno, 2) nessun ammalato muoia, 3) la guarigione richieda mediamente un certo tempo e 4) che questa comporti l'immunità (ovvero che nessuno dei guariti torni ad ammalarsi), il modello permette di prevedere in un dato momento futuro quanti saranno i malati ovvero tutti quelli che in un dato istante appartengono al gruppo ( $I$ ).<sup>43</sup> Il problema diviene ora quello di determinare i valori dei parametri di controllo del modello ( $\alpha$ ,  $\beta$  e  $\rho$ ) che al momento sono ignoti. I due medici, consultando i loro colleghi sul continente e le esperienze pregresse ritengono possibili due scenari:

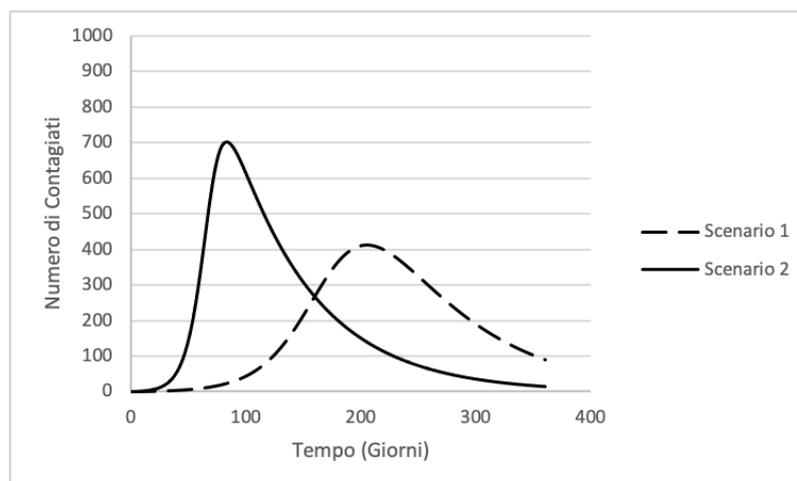
1. l'agente patogeno non è molto contagioso ( $\beta=0.003$ )
2. l'agente patogeno è molto contagioso ( $\beta=0.01$ )

Il parametro  $\rho$  che controlla il tasso di guarigioni è stimato pari 0.05 in entrambi i casi. Il valore del parametro  $\alpha$  (che non dipende dalle caratteristiche dell'agente patogeno ma dagli usi sociali e dagli stili di vita) è stimato pari a 0.05. Se la popolazione dell'isola è di 1000 abitanti, in entrambi i casi si delinea la concreta possibilità di un'epidemia.

Nella Figura 1 si vede che gli scenari messi in evidenza dai due modelli sono assai differenti. Mentre lo scenario 1 prevede un andamento dei contagi caratterizzato da una crescita lenta ed un massimo relativamente basso, il secondo appare drammatico con la maggior parte della popolazione contagiata contemporaneamente e quindi indicativo di una situazione che metterebbe in crisi il fragile equilibrio sanitario dell'isola. I tre esperti attribuiscono ai due scenari una diversa verosimiglianza. Date le esperienze pregresse relative ad altre epidemie, il primo scenario appare più verosimile (verosimiglianza del 90%) mentre il secondo appare molto meno verosimile (10%). Nel primo caso si potrebbe evitare una qualunque azione volta ad arginare il contagio (magari si potrebbero rinforzare le risorse sanitarie a disposizione per l'assistenza dei pazienti). Nell'altro caso invece sarebbe necessario intervenire nell'unico modo possibile: riducendo le possibilità di contagio introducendo



una qualche forma di distanziamento sociale, ovvero agendo sul parametro  $\alpha$ . Si potrebbe, per esempio, costringere la maggior parte degli abitanti in casa e lasciare circolare solo gli addetti ai servizi essenziali: in questo modo calcolano che  $\alpha$  potrebbe essere abbassato da 0.05 a 0.02 (in pratica dimezzando le possibilità di contatto). In figura 2, l'effetto previsto se verranno effettivamente adottate le misure di distanziamento.



**Figura 1**

Qui si esaurisce il compito degli esperti e comincia quello della comunità che introduce nella discussione nuovi elementi che condizionano la scelta dell'azione da intraprendere. Il primo fra tutti è il costo economico atteso del distanziamento sociale. Vale la pena di farsi carico di costi certi a fronte di una situazione relativamente meno probabile? E poi: quanto c'è da fidarsi di un modello così semplice? Infatti, si trascurano molti elementi quali: le possibili mutazioni dell'agente patogeno, le caratteristiche individuali, il livello di igiene personale, l'effettiva efficacia delle diverse forme di distanziamento, la possibile adozione di misure alternative a livello personale, l'immediata segregazione degli infetti, ecc. Inoltre: fino a che punto questa epidemia è simile alle altre per le quali il modello è stato inventato? Tutti questi dubbi sono del tutto legittimi e non bisogna lasciarsi sedurre dal carattere quantitativo del modello: la sua formalizzazione ne garantisce la coerenza interna ma non la potenziale efficacia (per alcuni aspetti, la matematica può diventare un elemento di seduzione usato sul piano retorico) e quindi la sua applicazione deve essere comunque oggetto di confronto argomentativo.

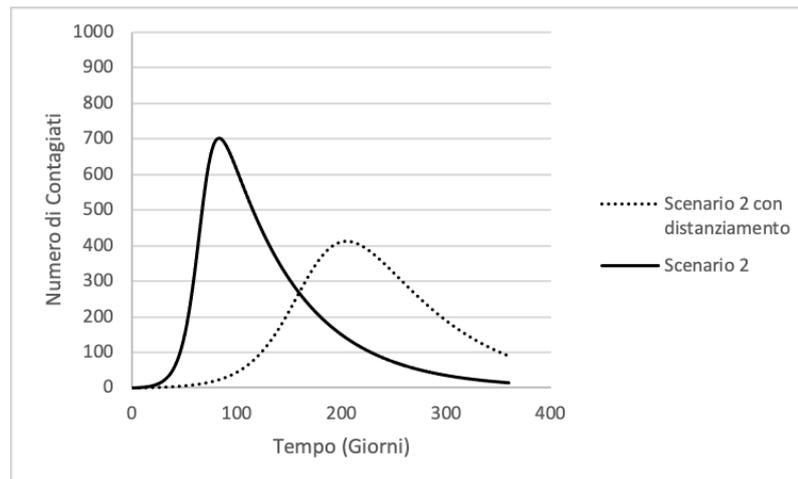
Teoricamente sarebbe possibile trovare modalità di ragionamento formale che potrebbero aiutare nella gestione di queste situazioni,<sup>44</sup> ma si tratta comunque di formalizzazioni normative la cui accettabilità va valutata anche in rapporto alla scala valoriale adottata dalla popolazione implicata ed al livello di fiducia che la comunità attribuisce agli esperti tecnici e ai decisori politici.

L'esempio si ferma quindi qui, dato che il suo scopo era solo mettere in evidenza il ruolo



<https://doi.org/10.6092/issn.2724-5179/12312>

dei diversi protagonisti (gli esperti e i decisori) e dello spazio di libertà che un paradigma scientifico consapevole dei propri limiti (le incertezze epistemiche e aleatorie) lascia al negoziato politico.



**Figura 2**

## Conclusioni

Ho cercato di tracciare per sommi capi e con tratti grossolani lo scenario all'interno del quale si 'costruisce' il futuro a partire dalla prima modernità. Punto di partenza è l'esperienza condivisa di un mondo che esibisce delle regolarità (in forma di ripetizioni o propensioni): la presenza di queste regolarità offre la base per una strategia per la previsione basata sulla costruzione di modelli artificiali che, riproducendo le osservazioni passate, possano essere utilizzati per delineare scenari futuri. Il paradigma delle Scienze Naturali definisce regole costruttive e pratiche di corroborazione condivise che permettano di selezionare modelli potenzialmente efficaci, ovvero ragionevolmente utilizzabili per la previsione. Tuttavia, la giustificazione ultima dell'uso di questi modelli sta solo nella loro efficacia che, per forza di cose, può essere valutata solo ex-post. Tuttavia, sulla base dell'esperienza o di argomentazioni socialmente giustificate all'interno della comunità degli esperti è possibile associare diversi livelli di 'probabilità' ai diversi modelli e quindi attribuire gradi di verosimiglianza agli scenari (tutti plausibili) che questi modelli individuano. Ma il ruolo della comunità scientifica si ferma qui: saranno procedure argomentative di tipo politico con un'assunzione di responsabilità consapevole dei vincoli posti dalla pratica scientifica a decidere l'uso dei diversi modelli come base di azione, valutandone le implicazioni etiche ed esercitando quel dovere di scelta che la cognizione di un futuro aperto impone. La connessione dei due processi (quello legato alla formulazione delle previsioni e quello delle decisioni conseguenti) è oggi oggetto di attente analisi anche se spesso manca la generale consapevolezza del suo carattere drammaticamente problematico nella continua tentazione di politicizzare la componente scientifica e depoliticizzare (e quindi deresponsabilizzare) quella che esercita il legittimo potere decisionale.

**BIBLIOGRAFIA**

- Alder K. (2003), *The Measure of all Things*, New York, Free Press (tr. it. *La misura di tutte le cose. L'avventurosa storia dell'invenzione del sistema metrico decimale*).
- Borges L. (1946), *Del rigor en la ciencia*, «Los Anales de Buenos Aires», vol. 1, n. 3, (tr. it. *Del rigore della scienza*).
- Brecht B. (1998), *Bertolt Brechts Leben des Galilei – Drei Fassungen, Modelle, Anmerkungen; in Spektakulum 65 – Sonderband zum 100. Geburtstag von Bertolt Brecht*, Frankfurt am Main, Suhrkamp (tr. it. *Vita di Galileo*).
- Calderoni M. e Vailati G. (1920), *Il pragmatismo*, Lanciano, Carabba.
- Calvino I. (1983), *Palomar*, Torino, Einaudi.
- Costantini D., Geymonat L. (1982), *Filosofia della probabilità*, Milano, Feltrinelli.
- De Finetti B. (1970), *Teoria delle probabilità. Sintesi introduttiva con appendice critica*, Torino, Einaudi.
- De Martino E. (1950), *Sud e Magia*, Milano, Feltrinelli.
- Gammaitoni L., Vulpiani A. (2019), *Perché è difficile prevedere il futuro*, Roma, Dedalo.
- Iaquinto S., Torrenzo G. (2018), *Filosofia del futuro*, Milano, Raffaello Cortina.
- Israel G. (1996), *La visione matematica della Realtà*, Bari, Laterza.
- Hawking S.W. (2002), *The Theory of Everything*, Beverly Hills, CA, New Millennium Press (tr. it. *La Teoria del Tutto*).
- Kermack, W.O., McKendrick, A.G. (1927), *Contributions to the Mathematical Theory of Epidemics*, «Proceedings of the Royal Society of Edinburgh. Section A. Mathematics», vol. 115: 700-721, DOI: [10.1098/rspa.1927.0118](https://doi.org/10.1098/rspa.1927.0118)
- Kuhn T.S. (1962), *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago, University of Chicago Press (tr. it. *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*).
- Lupton D. (1999), *Risk*, London, Taylor & Francis (tr. it. *Rischio: percezione, simboli e culture*).
- Maslow A.H. (1966), *The Psychology of Science a Reconnaissance*, New York, Harper & Row.
- Melandri E. (1968), *La linea e il circolo: studio storico filosofico sull'analogia*, Bologna, il Mulino.
- Morini S. (2003), *Probabilismo*, Milano, Mondadori.
- Morini S. (2014), *Il rischio*, Torino, Bollati Boringhieri.
- Nichols T. (2018), *La conoscenza e i suoi nemici*, Milano, Luiss University Press.
- Oreskes N., Shrader-Frechette K., Belitz K (1994), *Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences*, «Science», vol. 263: 641-646.
- Pera M. (1991), *Scienza e retorica*, Bari, Laterza.
- Perezgonzalez J.D. (2015), *Fisher, Neyman-Pearson or NHST? A Tutorial for Teaching Data Testing*, «Frontiers in Psychology», vol. 6, 3 Marzo 2015, DOI: [10.3389/fpsyg.2015.00223](https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00223)
- Poincaré J.H. (1902), *La science et l'hypothèse*, Paris, Flammarion (tr. it. *La scienza e l'ipotesi*).
- Popper K. (1990), *A World of Propensities*, Bristol, Thoemmes Antiquarium Books (tr. it. *Un universo di propensioni*).
- Press, G. (2020), *A Very Short History of Data Science*, «Forbes», 3 April 2020, <https://www.forbes.com/sites/gilpress/2013/05/28/a-very-short-history-of-data-science/?sh=2cd89c6555cf>
- Ruelle D. (1989), *Chaotic Evolution and Strange Attractors*, New York, Cambridge University.
- Scheler M. (1913), *Der Formalismus in der Ethik und die materiale Wertethik* (1913/16; III ed. 1927), Bern-München, Francke (tr. it. *Il formalismo nell'etica e l'etica materiale dei valori*).
- Sylos Labini F. (2016), *Rischio e Previsione*, Bari, Laterza.
- Valery P. (1931), *Notre destin et les lettres, Regards sur le monde actuel, Oeuvres II*, Paris, Gallimard.
- Von Neumann J., Morgenstern O. (1944), *Theory of Games and Economic Behavior*, Princeton, New Jersey, Princeton University Press.



<https://doi.org/10.6092/issn.2724-5179/12312>

- Weber M. (1919), *Politik als Beruf*, In *Geistige Arbeit als Beruf. Vier Vorträge vor dem Freistudentischen Bund. Zweiter Vortrag*. München, Duncker & Humblot (tr. it. *Il lavoro intellettuale come professione*).
- Wittgenstein L. (1968), *Bemerkungen über die Grundlagen der Mathematik*, a cura di G.E.M. Anscombe, R. Rhees, G.H. von Wright, Frankfurt am Main, Suhrkamp (tr. it. *Osservazioni sopra i fondamenti della matematica*).
- Wittgenstein L. (1921), *Logisch-Philosophische Abhandlung*, «Annalen der Naturphilosophische», vol. XIV, n. 3/4 (tr. it. *Tractatus Logico-Philosophicus e Quaderni 1914-1916*).

## NOTE

- 1 Per 'esperienza condivisa' intendo un'esperienza alla quale chiunque è potenzialmente in grado di partecipare convenendone socialmente il contenuto. La caduta di un oggetto è un'esperienza condivisa, la visione mistica no.
- 2 Valery 1931.
- 3 De Martino 1959.
- 4 In una curiosa rassegna, Gammaitoni e Vulpiani 2019 elencano oltre un centinaio di tecniche divinatorie.
- 5 Dante spedisce all'inferno gli Indovini, condannandoli con il collo ritorto e la faccia rivolta alle spalle, a camminare all'indietro (D. Alighieri, *Inf.*, XX, 38).
- 6 «La provvidenza, che governa il mondo / con quel consiglio nel quale ogni aspetto / creato è vinto pria che vada al fondo» (D. Alighieri, *Par.*, XI, 30).
- 7 «Quello ch'è stato è quel che sarà; quel che s'è fatto è quel che si farà; non v'è nulla di nuovo sotto il sole» (*Ecclesiaste* 1, 9).
- 8 Morini 2014.
- 9 Lupton 1999.
- 10 Iaquinto e Torrenzo 2018.
- 11 Per una visione plastica dello scontro fra i due mondi si veda la drammatizzazione ideologica del processo a Galilei messo in scena da Brecht (Brecht 1946).
- 12 Per esempio: «a) una predizione accettabile deve essere priva di ambiguità; b) una previsione accettabile deve essere quanto più precisa possibile; c) una previsione accettabile deve essere verificabile sul piano scientifico; d) in una predizione accettabile chi è a conoscenza della predizione non deve in alcun modo influenzare il verificarsi della stessa; e) per la verifica della predizione, il predittore e il verificatore devono poter disporre delle stesse informazioni» (Gammaitoni e Vulpiani 2019). Si tratta di *desiderata* più che di condizioni esclusive e lasciano in ombra il senso di alcune parole cruciali quali: «verificabile sul piano scientifico».
- 13 Come fenomeni di origine naturale intendo fenomeni i cui effetti si declinano all'interno dell'ambiente antropico ma sono innescati da processi che agiscono su scale spaziali e temporali assai diverse da quelle tipiche dell'esperienza umana o che comunque non possono essere controllati (terremoti, eruzioni vulcaniche, epidemie, ecc.).
- 14 Popper 1990.
- 15 In realtà la differenza fra le due situazioni è solo convenzionale. Ogni singola manifestazione di



un processo è diversa dalle altre (se non altro perché avvengono in un diverso momento) e la presenza di una eventuale differenza dipende solo dalla nostra capacità sperimentale o dall'interesse nel distinguere due realizzazioni dello stesso processo.

16 Queste convenzioni hanno una storia complessa ed anche avventurosa (p.es. Alder 2003).

17 Press 2020.

18 Per citare Poincaré 1902: «La scienza è fatta di dati come una casa è fatta di pietre. Ma un ammasso di dati non è scienza più di quanto un mucchio di pietre sia una vera casa».

19 Come nel frammento di L. Borges, *Del rigore della scienza* (Borges 1946).

20 «Entia non sunt multiplicanda praeter necessitatem».

21 Israel 1996.

22 Wittgenstein 1968.

23 Intesa nel molteplici significato di coesione, compattezza, congruità semantica delle componenti, connessione logica e mancanza di contraddittorietà.

24 Per una descrizione critica delle difficoltà concettuali legate a questi controlli si veda per esempio Oreskes *et al.* 1994.

25 Come scrive Abraham Maslow: «Suppongo che se l'unica cosa che hai è un martello sia allettante trattare tutto come fosse un chiodo» (Maslow 1996).

26 Kuhn 2009.

27 Hawking 2002.

28 Calvino 1983.

29 Poincaré 1902.

30 Per una discussione estesa dell'uso dell'analogia come strumento conoscitivo si rimanda a Melandri 1968.

31 A meno che non si arrivi ad immaginare che quel modello sia la 'realtà'.

32 È il caso di modelli che mostrano una estrema sensibilità anche a piccole variazioni dei parametri di controllo: piccole differenze nei valori attribuiti a questi parametri generano previsioni assai diverse fra loro. Dato che è impossibile definire con assoluta precisione il valore dei parametri di controllo ci si devono aspettare grandi incertezze nella previsione (p.es. si veda Sylos Labini 2016).

33 Calderoni, Vailati 1920.

34 P.es. De Finetti 1970. Si fa presente che della Teoria della Probabilità esistono formulazioni diverse che, pur condividendo la stessa struttura formale, danno diverse interpretazioni degli elementi costitutivi e dei risultati che si ottengono applicandone i teoremi (per una breve disamina si rimanda per esempio a Costantini 1977).

35 Morini 2003.

36 P.es. Perezgonzalez 2015.

37 Pera 1991.

38 Wittgenstein 1921.

39 Ruelle 1989.

40 Il termine responsabilità viene qui utilizzato in modo conforme all'uso che se ne fa in alcune declinazioni dell'etica e secondo il quale la Responsabilità ha a che fare con la capacità di modificare le proprie azioni in rapporto alle loro conseguenze (Scheler 1913). Ad un'etica che ha come fondamento la responsabilità si contrappone un'etica basata sulla convinzione (Weber 1919).

41 P.es. Nichols 2018.

42 Kermack, McKendrick 1927.

43 In questo semplice modello ci sono tre soli parametri di controllo:  $\alpha$  che rappresenta il numero



<https://doi.org/10.6092/issn.2724-5179/12312>

medio di volte nelle quali un individuo entra in contatto con un altro individuo nell'unità di tempo (è l'inverso del tempo che intercorre fra due incontri),  $\beta$  che è la frazione di contatti fra sani e infetti che mediamente portano alla trasmissione del contagio (può essere vista come la probabilità di contrarre la malattia incontrando un infetto),  $\rho$  che rappresenta il tasso individuale di guarigioni nell'unità di tempo (è l'inverso della durata media del periodo in cui il soggetto è infettivo). Se in un dato istante ci sono  $S$  persone sane e  $I$  persone infette (che non sanno di esserlo e quindi circolano liberamente infettandone altre), il numero di incontri possibili fra i membri di ciascuno dei due gruppi nell'unità di tempo sarà al massimo  $S \cdot I$  (ciascun sano potrebbe incontrare tutti gli infetti). Ma non tutti questi incontri avverranno: mediamente solo una frazione  $\alpha$  di questi avrà luogo. Quindi il numero atteso di incontri fra sani e contagiati sarà  $\alpha \cdot S \cdot I$ . Solo una frazione  $\beta$  di questi darà come esito ad un contagio e quindi il numero medio di contagi nell'unità di tempo sarà  $\alpha \cdot \beta \cdot S \cdot I$ . Se il calcolo viene effettuato su un intervallo di tempo di durata  $dt$ , il numero atteso di persone contagiate sarà  $\alpha \cdot \beta \cdot S \cdot I \cdot dt$ . Se in un dato istante ci sono  $I$  persone infette e una frazione  $\rho$  di queste guarirà nell'unità di tempo, il numero atteso di guariti in un intervallo  $dt$  sarà dato da  $\rho \cdot I \cdot dt$ . Il comportamento di un modello di questo tipo può essere rappresentato formalmente mediante un semplice sistema di equazioni che permettono di calcolare i valori dei soggetti nei tre gruppi al variare del tempo  $t$  (per intervalli discreti ciascuno di durata  $dt$ ):

$$S(t+dt) = S(t) - \alpha \cdot \beta \cdot S(t) \cdot I(t) \cdot dt$$

$$I(t+dt) = I(t) + \alpha \cdot \beta \cdot S(t) \cdot I(t) \cdot dt - \rho \cdot I(t) \cdot dt$$

$$R(t+dt) = R(t) + \rho \cdot I(t) \cdot dt$$

Si vede che la situazione al tempo  $(t+dt)$  è legata solamente alla situazione al tempo immediatamente precedente  $(t)$ . L'analisi matematica del modello mostra che, dato il numero di individui inizialmente sani  $S(0)$ , l'andamento dei contagi è controllato da una combinazione dei parametri detta  $R_0 = [\alpha \cdot \beta / \rho] S(0)$ . Il numero  $R_0$  rappresenta il numero di infezioni che un individuo malato è in grado di indurre durante la sua malattia nell'unità di tempo: se  $R_0 > 1$  allora l'epidemia si propagerà. Se l'infezione arriva con un singolo individuo infetto, il modello permette di calcolare tutte le grandezze utili (in particolare il numero  $I$  di soggetti contagiati) nel corso del tempo.

44 P.es. Von Neumann, Morgenstern 1944.