

Problemi filosofici del controllo

Alessandro Giordani, Luca Mari

Lo scopo del presente contributo è di analizzare il concetto di controllo in prospettiva filosofica. In particolare, si procederà dalla definizione e differenziazione dei sistemi di controllo alla presentazione della relazione tra la dinamica del controllo e la struttura di finalizzazione che appare caratterizzare i sistemi biologici. Il contributo è diviso in quattro sezioni. Le prime due sezioni sono dedicate alla definizione della dinamica del controllo, con particolare riferimento alla connessione tra sistema da controllare e sistema sotto controllo e alla differenziazione dei sistemi di controllo, con particolare riferimento alla distinzione tra sistemi ad anello aperto, sistemi ad anello chiuso e sistemi ad anello chiuso adattativi. Le due sezioni successive sono invece dedicate alla relazione tra dinamica di controllo e finalità, con particolare riferimento alla distinzione tra teleonomia e teleologia, concepita sia come teleologia basata su leggi emergenti sia come teleologia basata su leggi emergenti e libertà, e alla relazione tra dinamica di controllo e libertà. In queste due sezioni emergeranno i problemi tipicamente epistemologici, concernenti la portata esplicativa dell'interpretazione teleologica dei sistemi dinamici, e antropologici, concernenti la relazione tra libertà e imposizione di un controllo.

Il percorso che sarà proposto in relazione alla caratterizzazione della dinamica del controllo è in un certo senso inverso rispetto al processo evolutivo. Si procederà, infatti, da una caratterizzazione strutturale della dinamica del controllo, secondo il modello che è alla base della progettazione di sistemi di controllo, ad alcuni cenni circa la struttura di sistemi biologici e sistemi sociali dotati di processi di controllo e autocontrollo adattativi. Il percorso, organizzato in questo modo, ha il pregio di mettere in evidenza alcuni invarianti sistemici del controllo e quindi di consentirne lo studio in una prospettiva filosofica.

1. La struttura basilare del controllo

Secondo un'accezione tradizionale, accezione che accettiamo come distinzione ideale, più che distinzione reale, di ambiti di interesse, gli scienziati studiano il comportamento di sistemi esistenti, mentre gli ingegneri operano per costruire sistemi, o modificare sistemi esistenti, in modo da adeguarne il comportamento rispetto finalità precedentemente fissate.

Il modello generale dell'inferenza pratica¹, ossia dell'inferenza che cattura il modo in cui dalla posizione di un fine si giunge alla selezione dei mezzi per ottenere il fine, ci dice che il modo tipico di scaricare la volontà relativa ai fini alla volontà relativa ai mezzi è il seguente:

se vuoi ottenere p

¹ Sul modello dell'inferenza pratica cfr. G.H von Wright, *Explanation and Understanding*, London: Routledge 1971, e D.S. Clarke, *Practical Inferences*, London 1985, e i saggi di S. Galvan e G. Di Bernardo in S. Galvan, *Forme di razionalità pratica*, Milano: Angeli 1992.

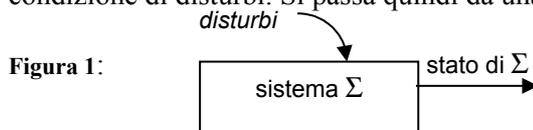
ottenere p implica realizzare p'

se vuoi ottenere p devi realizzare p'

Quindi, al centro dell'inferenza pratica, è presente un'implicazione tra l'essere attuale di un certo stato di cose, descritto da p , e l'essere attuale di un altro stato di cose, descritto da p' , tipicamente realizzabile da parte dell'uomo. In altri termini, l'inferenza pratica si costituisce su un problema che attiene alla conoscenza scientifica, il nesso che sussiste tra il fine, inteso come stato di cose, e un mezzo, inteso ancora come stato di cose, e si conclude con un problema che attiene propriamente all'ingegneria, la realizzazione di p' , che porta a ottenere p . Inoltre, dato che lo stato di cose che costituisce il fine può essere concepito come stato di un certo sistema che si trova o può venire a trovarsi in uno stato differente, il processo di realizzazione del mezzo per ottenere il fine può essere concepito come un processo di intervento su un certo stato di un sistema la cui dinamica conduce alla realizzazione di un stato possibilmente diverso dello stesso sistema. Un *processo di controllo* è precisamente un processo così concepito². L'ipotesi che tipicamente si assume è:

- che sia dato un sistema da controllare Σ
- che il sistema sia caratterizzato da un comportamento proprio
- che il comportamento in generale non sia il comportamento desiderato
- che sia dato un sistema di controllo K
- che tale sistema sia funzionalmente distinto dal precedente
- che tale sistema sia caratterizzato da un comportamento progettabile
- che tale comportamento sia in grado di incidere sul comportamento di Σ

Il comportamento proprio di Σ è chiamato *dinamica spontanea*, tipicamente modellata mediante una funzione di sviluppo di variabili di stato³, assunte come grandezze fisiche, ed è influenzato da grandezze esterne al sistema, chiamate *disturbi*. Il sistema controllore è progettato per incidere sulla dinamica spontanea in condizione di disturbi. Si passa quindi da una situazione come

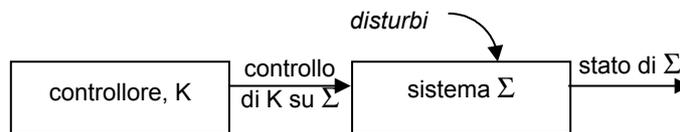


² Sulla caratterizzazione generale dei sistemi di controllo cfr. E.D. Sontag. *Mathematical Control Theory, Deterministic Finite Dimensional Systems*. New York: Springer 2nd ed., 1998. Si noti che nel linguaggio comune questo termine ha un significato un po' diverso, dato che allude più all'osservazione sistematica ("sto controllando qualcosa", inglese *to check*) che non appunto all'operazione finalizzata ("sto dirigendo qualcosa", inglese *to control*).

³ Per una introduzione generale alla modellistica dei sistemi cfr. D. Hinrichsen e A.J. Pritchard, *Mathematical Systems Theory I*, New York: Spinger 2005, in particolare cap. 2. In riferimento alle variabili di stato, si potrebbe ammettere che le variabili di stato sono "interne" al sistema, e quindi non osservabili; occorrerebbe allora generalizzare queste ipotesi modellistiche, distinguendo tra variabili di stato e variabili di uscita. Per quanto segue, questa precisazione non è però necessaria, per cui si assumerà l'osservabilità delle variabili di stato.

a una situazione come

Figura 2:

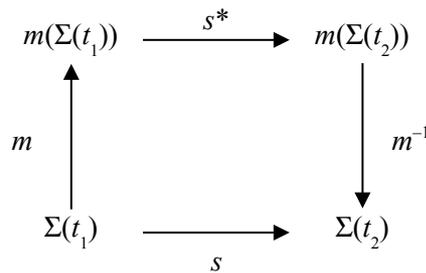


Si può inoltre osservare che incidere sulla dinamica di un sistema può dirci molto sulla struttura del sistema e sui tipi di interazioni a cui è soggetto. In questo senso, la conoscenza del sistema acquisita sul versante operativo è una componente importante, e spesso essenziale, della conoscenza complessiva del sistema. R. Thom ha sintetizzato questa situazione parlando di uno spostamento di enfasi dalla “matematica dell’intelligibilità” alla “matematica del controllo” (citato in I. Hacking, *Il caso domato*, p.XX).

1.1. Il modello del sistema da controllare

Prima di procedere alla determinazione della struttura del controllo, è opportuno svolgere una prima considerazione circa la necessità di comprendere, almeno parzialmente, la dinamica spontanea del sistema da controllare in vista della progettazione di un sistema di controllo.

In senso del tutto generale, la comprensione della dinamica di un sistema avviene mediante l’introduzione di un modello in grado di simulare tale dinamica⁴. La costruzione di un modello di simulazione deve soddisfare due condizioni: 1) essere associata a una funzione di interpretazione che sia in grado di connettere stati del sistema da modellare con stati del modello; 2) essere tale da implementare una funzione di sviluppo che idealmente assicuri che il seguente diagramma sia commutativo:



⁴ Sulla caratterizzazione e la funzione dei modelli nello sviluppo della conoscenza scientifica cfr. R. N. Giere, *Explaining Science*. Chicago: Univ. Chicago Press 1988 e M.S. Morgan, M. Morrison (eds.), *Models as Mediators*, Cambridge: Cambridge University Press 1999. Cfr, inoltre, Giere, *An agent-based conception of models and scientific representation*, *Synthese*, 172, 269-281, 2010, per una sintesi generale sulla struttura complessiva dei modelli.

In questo diagramma, m è la funzione che traduce stati del sistema in stati del modello, assunta invertibile, s^* è la funzione di sviluppo del modello, mentre s è la funzione di sviluppo del sistema, nota mediante s^* . La condizione di commutatività del diagramma coincide con la richiesta che lo sviluppo del sistema sia simulato dal modello, ossia che la dinamica

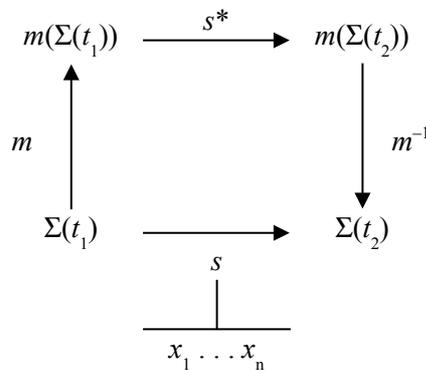
$\Sigma(t_1) \longrightarrow \Sigma(t_2)$,
dove $\Sigma(t)$ è lo stato del sistema in t

sia rispecchiata nel modello dalla dinamica

$m(\Sigma(t_1)) \longrightarrow m(\Sigma(t_2))$,
dove $m(\Sigma(t))$ è lo stato che nel modello corrisponde a $\Sigma(t)$

La condizione è soddisfatta quando $m \circ s(\Sigma(t_1)) = s^* \circ m(\Sigma(t_1))$, che si presenta come una tipica condizione di simmetria che lega s^* a s .

L'importanza di possedere un modello del sistema da controllare diviene chiara nel momento in cui lo sviluppo del sistema è analizzato ulteriormente come dipendente dalle interazioni che il sistema intrattiene con l'ambiente. Infatti, la comprensione dei disturbi che possono incidere sullo sviluppo del sistema è fondamentale per progettare interventi su di esso, dato che *un intervento è un tipo specifico di disturbo*. Il fatto che un intervento sia un disturbo è chiaro, dal momento che ogni variazione dello stato di un sistema che non dipende esclusivamente dalla dinamica spontanea del sistema è per definizione dipendente da disturbi nell'ambiente.



Se $x_1 \dots x_n$ sono le grandezze di influenza note, allora si può pensare di modificare alcune di tali grandezze perché il sistema assuma un determinato stato. In questo senso, la progettazione del controllo diviene possibile. In questo modo, il sistema di controllo K non è altro che un sistema in grado di generare disturbi, ossia modificare una grandezza di influenza caratteristica del sistema sotto controllo Σ .

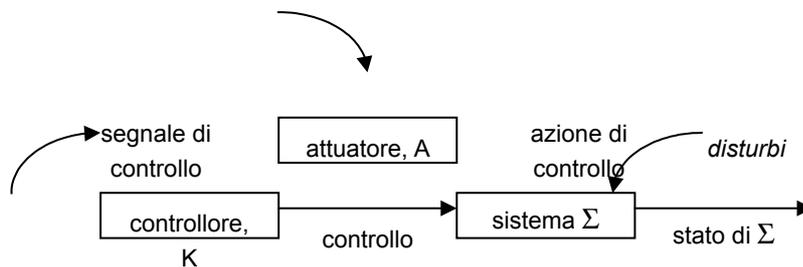
La prima conclusione a cui giungiamo è quindi che *il controllo è un tipo di disturbo*. Tuttavia, tale conclusione è da interpretare correttamente, dato che non c'è una dinamica di un sistema non soggetto a grandezze di influenza: *il controllo è*

un tipo di disturbo di una dinamica tipicamente soggetta a disturbi. In questo senso, in prima istanza, è un'illusione pensare che, in assenza di controllo, la dinamica sia più spontanea che in condizioni di controllo: la dinamica è solo diversa. Il problema della dinamica spontanea è quindi spostato: come vedremo, il controllo implica la posizione di un fine e, in alcuni casi, il sistema controllato è esso stesso un sistema dotato di un sistema di controllo in cui un certo fine è fissato. In questo caso, si può assumere che sia data una dinamica finalizzata primaria e identificare tale dinamica con quella spontanea.

1.2. Il modello della relazione di controllo

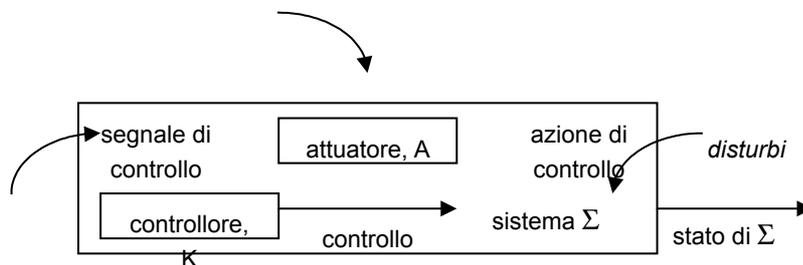
Si è osservato che Σ può reagire alla modificazione di determinate grandezze, e quindi che un intervento sul comportamento di Σ può essere attuato variando una delle grandezze di influenza. In questo modo, il sistema di controllo K può operare mediante azioni correttive, finalizzate appunto a correggere il comportamento di Σ che si è modificato per dinamica spontanea soggetta a disturbi. In effetti, però, spesso non è K a intervenire direttamente su Σ : secondo un principio di divisione dei compiti, K stabilisce se occorre intervenire e, di conseguenza, produce un segnale di controllo, che invia a un terzo sistema A , con funzione di *attuatore* che, in base al contenuto di tale segnale, attua un intervento su Σ . Il modello introdotto in precedenza assume così la seguente struttura:

Figura 3:



Si noti che questa è una rappresentazione funzionale: dal punto di vista della sua struttura fisica, Σ potrebbe essere costruito in modo da includere A , oppure sia A sia K , che in tal caso costituirebbero sottosistemi di Σ :

Figura 4:

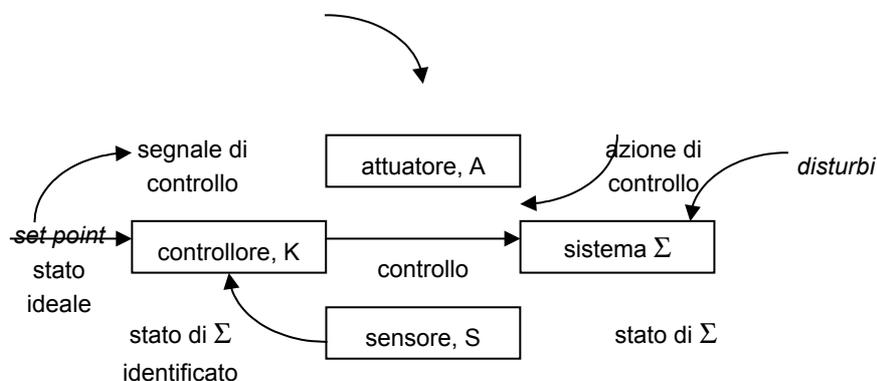


Il comportamento di K può essere assunto prescindendo dallo stato in cui si trova Σ , o al contrario tenendo conto di tale stato, per esempio secondo una logica elementare del tipo:

- uno stato ideale desiderato per Σ , chiamato *set point*, è determinato;
- un sensore S acquisisce l'informazione sullo stato attuale di Σ ;
- S invia l'informazione sullo stato attuale a K;
- K confronta informazione sullo stato attuale e *set point*;
- in caso di identità, K non invia segnali;
- in caso di differenza, chiamata *errore*, K invia un segnale ad A;
- A produce un'azione su Σ , allo scopo di eliminare l'errore⁵.

Se chiamiamo segnale di controllo il segnale inviato da K ad A e azione di controllo l'azione prodotta da A su Σ , allora le relazioni tra i sistemi e gli stati di Σ possono essere raffigurate mediante questo schema:

Figura 5:



Una configurazione di questo genere⁶ si chiama ad *anello chiuso* (in inglese, *closed loop*), e per contrapposizione quella precedente, Figura 3, in cui il comportamento di K non dipende dallo stato di Σ , si chiama ad *anello aperto* (in inglese, *open loop*); un termine un po' peculiare: gli anelli non-chiusi sono ancora anelli?).

La configurazione ad anello chiuso è detta anche *retroazionata*, o *in retroazione* (in inglese, *feedback*), poiché lo stato complessivo del sistema controllore è

⁵ Nel caso in cui l'attuatore ammetta solo due stati, il segnale inviato da K potrebbe essere semplicemente "on" = "attuazione" o "accensione", in presenza di errore, o "off" = "non attuazione" o "non accensione" o "spegnimento". Nel caso in cui, invece, l'attuatore ammetta molteplici intensità di attivazione, il segnale inviato da K potrebbe essere una funzione più complessa dell'errore. In ogni caso, questa distinzione non è essenziale per quanto segue, per cui possiamo supporre che il controllore operi sempre secondo la semplice logica *on-off*.

⁶ La struttura di base qui proposta può divenire estremamente complesso nel caso di specifici problemi di controllo: per esempio, nel caso in cui il sistema di controllo debba acquisire dati su molteplici grandezze di Σ e li debba poi combinare (a volte questo processo si chiama di *data fusion*) al fine di produrre un segnale di controllo a sua volta riferito a molteplici grandezze di K. In una situazione generale di questo tipo si parla di sistemi di controllo *Multiple-Input Multiple-Output* (MIMO), di cui i sistemi di controllo *Single-Input Single-Output* (SISO), a cui ci stiamo riferendo qui, costituiscono un caso particolare.

determinata dallo stato del sistema da controllare, mediante l'informazione su tale stato acquisita dal sensore, e lo stato del sistema da controllare è determinato dallo stato complessivo del sistema controllore, mediante l'azione prodotta dall'attuatore⁷.

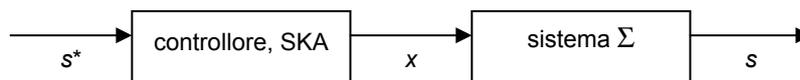
2. Interpretazione della struttura del controllo

Il concetto di controllo può essere ulteriormente chiarito tornando a prendere in considerazione la configurazione di base della dinamica del controllo, costituita da un sistema da controllare Σ accoppiato a un sistema di controllo, la cui struttura può essere a sua volta complessa, SKA che orienta la dinamica di Σ al *set point*.

2.1. Controllo come inversione della dinamica spontanea

Una prima considerazione interessante emerge dall'analisi della dinamica in assenza di disturbi, così che si possa supporre che Σ abbia una dinamica spontanea specifica, non influenzata dall'ambiente, e che il compito di SKA sia di intervenire sul sistema Σ per mantenerlo orientato al *set point*. Nella situazione indicata, le interazioni tra il sistema di controllo e il sistema da controllare sono:

Figura 6:



in cui:

i) s^* è la variabile di ingresso di SKA, che specifica il *set point*, e coincide con il valore desiderato per la variabile di uscita s di Σ .

ii) x è nello stesso tempo la variabile di uscita di SKA e ingresso di Σ , e coincide con il tipo di azione prodotta da SKA su Σ .

iii) s è la variabile di uscita di Σ , e coincide con lo stato del sistema da controllare da confrontare con il *set point*.

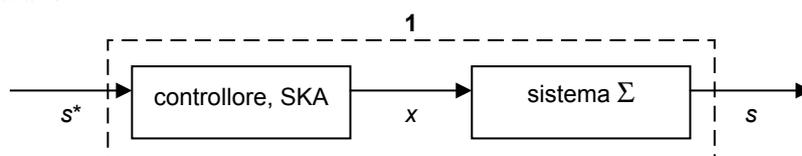
La semplicità di questo modello consente di scrivere immediatamente e in forma facilmente comprensibile l'obiettivo del controllo:

⁷ Il concetto di retroazione ha un ambito di applicazione più ampio di quello appena introdotto. In effetti, oltre alla tipologia di configurazioni in cui il controllore opera per minimizzare l'errore, chiamate in *retroazione negativa*, ossia in modo tale da mantenere Σ in condizioni stabili e prossime rispetto al *set point*, esiste una seconda tipologia generale di configurazioni, chiamate in *retroazione positiva*, in cui il sistema controllore amplifica la differenza tra stato attuale di Σ e *set point*. Si noti che una simile amplificazione non può mantenuta in modo indefinito da alcun sistema fisico: a un certo punto il feedback positivo deve interrompersi con una modificazione nella dinamica del sistema, per esempio corrispondente alla sua rottura. In questo senso, nell'analisi di problemi di controllo si assume tipicamente l'ipotesi di configurazione in retroazione negativa.

$$s = s^*$$

ossia l'uguaglianza tra l'uscita di Σ e il *set point*. Ciò corrisponde alla condizione che il super-sistema costituito da SKA e Σ abbia un comportamento descritto da una funzione identità, cioè una funzione $x = f(x)$, che ha come valori i suoi stessi argomenti:

Figura 7:



Se il modello della dinamica di Σ è conosciuto e le funzioni che lo costituiscono sono invertibili, il sistema di controllo potrebbe allora operare ad anello aperto. In questo caso, infatti, identificando i sistemi controllore e da controllare con le corrispondenti funzioni di comportamento, è sufficiente che il comportamento di SKA sia il comportamento inverso rispetto a quello di Σ , ossia che $SKA = \Sigma^{-1}$.

In presenza di disturbi e con l'introduzione di retroazione è necessario introdurre ulteriori precisazioni e rendere più complesso il discorso, ma l'idea alla base della conclusione precedente si mantiene: almeno in linea di principio, un sistema di controllo può operare

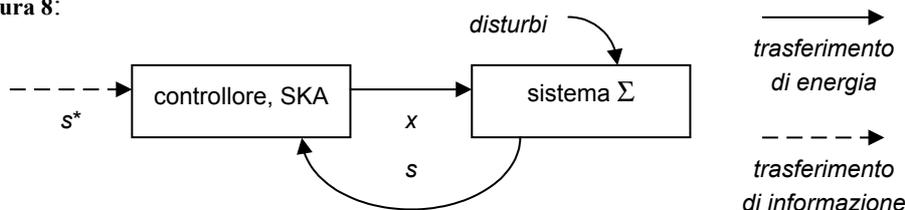
- i) conoscendo il comportamento del sistema da controllare;
- ii) attuando un comportamento che inverte quello del sistema da controllare.

Si può infine osservare che, se si considera la dinamica spontanea come il comportamento naturale, liberamente attuato, da un sistema, allora il controllo è tanto più efficace quanto più produce un comportamento anti-naturale, ossia contrario al comportamento liberamente attuato.

2.2. Controllo ad anello chiuso tra dinamica fisica e informazione

Un'ulteriore considerazione interessante emerge dall'interpretazione delle frecce mediante le quali la dinamica è stata analizzata. Le interazioni tra il sistema di controllo e il sistema da controllare in *feedback* sono:

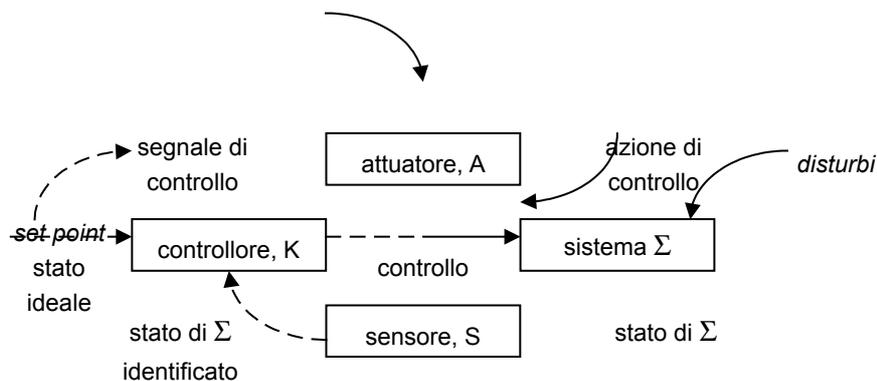
Figura 8:



In questa situazione, non è difficile identificare due tipologie azioni: da una parte, ci sono le azioni prodotte da Σ sul sistema controllore e le azioni di controllo e di disturbo prodotte su Σ ; dall'altra, ci sono le azioni che assegnano il *set point*. Le interazioni del sistema da controllare con l'ambiente e con il sistema di controllo sono trasformazioni fisiche caratterizzate da trasferimenti di energia. Le assegnazioni del *set point*, in quanto determinate dalla decisione di produrre un certo fine, sono invece caratterizzabili come un trasferimento di informazione. Nel diagramma, le interazioni fisiche sono rappresentate da frecce continue e quelle relative all'informazione da frecce tratteggiate. Evidentemente, anche l'informazione è trasferita attraverso una trasformazione fisica, ma in questo caso il trasferimento di energia è solo uno strumento per trasferire informazione.

Se torniamo ad "aprire la scatola" del sistema di controllo, possiamo estendere anche alle interazioni interne la distinzione fisico vs informazionale:

Figura 9:



Questo diagramma mette in evidenza che:

i) il sistema da controllare ha interazioni dirette solo fisiche: le frecce che entrano o escono da Σ sono continue: lo stato di Σ determina lo stato del sensore ed è determinato dall'azione dell'attuatore; ciò è consistente con l'assunzione che la variabile da controllare è una grandezza fisica.

ii) il sensore e l'attuatore hanno funzioni inverse: sono infatti entrambi trasduttori, ma mentre il sensore ha funzione di acquisizione di informazione, con energia in ingresso e in uscita informazione, l'attuatore ha funzione di intervento determinato da informazione, con informazione in ingresso e in uscita energia.

iii) il sistema controllore ha interazioni dirette solo informazionali: le frecce che entrano o escono da K sono tratteggiate: lo stato di K determina mediante un segnale l'azione dell'attuatore ed è determinato dal segnale inviato dal sensore; ciò è consistente con l'assunzione che il controllore simula un decisore.

In ogni caso, complessivamente, emerge che il problema del controllo è scomponibile in due parti: 1) un problema di *gestione di informazione* che, grazie

alla divisione dei compiti consentita dalla presenza dei trasduttori, consente al controllore K di operare esclusivamente come un *decisore*; 2) un problema di *gestione di energia* che, a sua volta, è suddivisibile in un problema di riconoscimento di livelli di energia in ingresso e di determinazione di livelli di energia in uscita. Tuttavia, la parte del centrale del problema del controllo è chiaramente la 1), dal momento che il controllo è finalizzato ad ottenere un determinato stato del sistema da controllare e che l'assegnazione di tale stato è centrale per la parte informazionale.

La distinzione tra trasferimento di energia e trasferimento di informazione, attraverso trasferimento di energia, non è solo nominale. Consideriamo il caso, elementare ma comunque significativo, di un sistema Σ di cui occorre controllare la temperatura, come una stanza da mantenere calda a sufficienza nonostante il freddo dell'ambiente esterno, corrispondente nel diagramma ai disturbi che influiscono sulla stanza a causa del suo non perfetto isolamento termico. Chiamiamo, inoltre, *grandezze primarie* le grandezze coinvolte nelle interazioni fisiche del sistema complessivo e *grandezze secondarie* le grandezze coinvolte nelle interazioni informazionali del sistema stesso. In questo caso, le grandezze primarie da tenere in considerazione sono: la grandezza sotto controllo, ossia la temperatura, e la grandezza usata per controllare la temperatura, per esempio l'energia termica prodotta da una caldaia. Il primo punto da notare è che *i valori delle grandezze primarie sono essenziali* per l'azione di controllo: la stanza, per poter essere scaldata, deve ricevere una determinata quantità di energia termica, che non può essere ridotta significativamente se non rendendo sempre più inefficiente, se non impossibile, il raggiungimento dell'obiettivo richiesto; inoltre, la stanza deve avere una determinata temperatura, o la temperatura deve variare sotto una certa soglia, perché il segnale di controllo all'attuatore sia inviato. Al contrario, *i valori delle grandezze secondarie non sono essenziali* per l'azione di controllo: il valore della grandezza usata per inviare un segnale dal sensore al sistema di controllo o dal sistema di controllo all'attuatore è completamente indifferente, purché il segnale inviato sia in grado, in un caso, di essere confrontato con il *set point* e, nel secondo caso, di attivare l'attuatore. Infatti, l'energia trasferita con l'assegnazione del *set point*, per esempio premendo un pulsante, può essere ridotta progressivamente, purché il segnale così ottenuto mantenga il suo contenuto di informazione. Se analizziamo più precisamente la situazione, notiamo che i tratti manifestati mostrano quanto segue.

1) *Frecce continue*: la freccia in input al sensore coincide con lo stato del sistema Σ , una grandezza fisica; analogamente, la freccia in output all'attuatore coincide con lo stato dell'attuatore, un'altra grandezza fisica.

2) *Frecce tratteggiate*: la freccia in output al sensore coincide con uno stato del sensore, una grandezza fisica; analogamente, la freccia in input all'attuatore coincide con uno stato del controllore, un'altra grandezza fisica.

3) *Correlazione fisica tra frecce continue e tratteggiate*: la grandezza in output al sensore è correlata alla grandezza in input da legge fisica; analogamente, la

grandezza in input all'attuatore è correlata alla grandezza in output da legge fisica.

4) *Correlazione fisica e informazionali tra le frecce tratteggiate*: la grandezza in output al sensore è correlata alla grandezza in input all'attuatore ancora da una legge fisica, ma ciò che è essenziale, in questo caso, è che *la correlazione è stabilita sulla base di un codice* che determina quali sono gli stati fisici del sensore che sono in grado, nel caso più elementare, di attivare / non attivare stati dell'attuatore determinati ai fini della soluzione del problema di controllo.

Il senso della correlazione in 4) è quindi questo: gli stati che il sensore può assumere sono correlati agli quelli dell'attuatore in modo tale che la correlazione preservi la struttura dello spazio degli stati del sensore rispetto agli stati dell'attuatore. Per esempio, l'insieme dei segnali inviabili dal sensore può essere suddiviso in due sottoinsiemi, in modo tale che i segnali in un sottoinsieme sia correlato all'essere attivo dell'attuatore e i segnali nell'altro sottoinsieme sia correlato all'essere non attivo dell'attuatore. È evidente che ciò che conta in questa correlazione non è il tipo di segnale o l'intensità del segnale, ma l'opposizione tra l'essere di un segnale in uno dei due sottoinsiemi, perché questa opposizione corrisponde all'opposizione tra gli stati che l'attuatore può assumere. La correlazione è stabilita da un codice molto elementare, per esempio:

Istruzione 1: segnali nel sottoinsieme 1 => attivazione dell'attuatore.

Istruzione 2: segnali nel sottoinsieme 2 => disattivazione dell'attuatore.

Il codice di correlazione è un codice a tutti gli effetti, perché consente di trasmettere un'opposizione, e quindi un'informazione in senso quantitativo. In effetti, la correlazione fisica tra le frecce tratteggiate si stabilisce sulla base di una correlazione informazionale fondamentale: lo stato in input è *classificato* sotto un certo tipo di stato, correlato dal codice a un tipo di stato differente *istanziato* dallo stato in output. Le frecce tratteggiate sono quindi trattabili come informazione, perché sono input e output di un codice selezionato da chi progetta o, più tipicamente, da chi utilizza il sistema di controllo. In conclusione:

i) l'identità degli stati in input / output da SKA è essenziale per il controllo, mentre la loro struttura è inessenziale.

ii) l'identità degli stati interni di SKA è inessenziale per il controllo, mentre la loro struttura è essenziale.

Il sistema complessivo è perciò interamente descrivibile nel paradigma della fisica, con l'eccezione dell'assegnazione del *set point*, che tipicamente si suppone di competenza di esseri umani, e della definizione del codice di correlazione, che presuppone la possibilità di rappresentazione dell'informazione ancora tipica degli esseri umani. Ciò appare un esempio paradigmatico della tradizionale posizione secondo cui gli strumenti tecnologici, essendo etero-diretti, non sono connotati dal punto di vista morale: il sistema di controllo non è in se stesso buono o non buono; la bontà del sistema è completamente determinata dalla bontà del fine per cui è

utilizzato, ossia dall'assegnazione di un *set point*, che però è appunto una scelta esterna al sistema fisico e tipica di chi progetta o utilizza il sistema.

3. Controllo in funzione tecnologica e teleologica

In questa sezione sarà presa in considerazione la possibile distinzione tra la dinamica del controllo implementata da sistemi prodotti dall'uomo e la dinamica implementata da sistemi biologici. La differenza principale in riferimento a questi due tipi di dinamica consiste nell'assegnazione del *set point*: nei sistemi prodotti, il *set point* è comunemente assegnato dall'esterno, ossia da colui che progetta o, più comunemente, da colui che utilizza il sistema, ed è assegnato in modo relativamente rigido; nei sistemi biologici, al contrario, il *set point* è assegnato dall'interno, essendo un elemento costitutivo dei sistemi stessi, ed è assegnato in modo tipicamente dinamico, ossia tale da essere relativamente modificabile rispetto a variazioni dei disturbi dell'ambiente. La situazione descritta, tuttavia, è più sfumata di quanto si potrebbe inizialmente pensare: sia perché è possibile progettare sistemi adattativi, in grado quindi di modificare il proprio *set point* relativamente alle condizioni ambientali, sia perché i sistemi biologici non hanno la possibilità di modificare il proprio *set point* in modo illimitato. La relazione tra controllo in funzione tecnologica, attuato in sistemi progettati e prodotti dall'uomo, e in funzione teleologica, attuato in sistemi biologici, è quindi complessa e di notevole interesse.

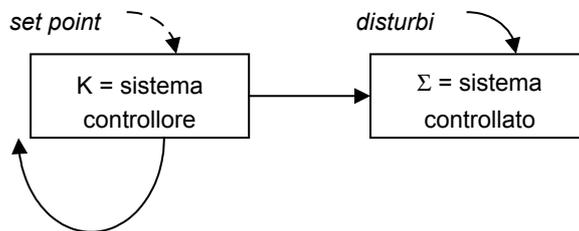
3.1. Controllo in funzione tecnologica

La funzione decisionale, e quindi in particolare la funzione di controllo, è stata tradizionalmente considerata, in modo aporetico, come funzione esclusiva degli esseri umani. Lo sviluppo tecnologico ha portato, nel corso di millenni, ad inventare e costruire macchine la cui funzione principale è stata quella di amplificare le potenzialità umane: tali macchine sono state utilizzate sia come amplificatori delle capacità di azione, ossia in funzione di attuatori in grado di produrre trasferimenti di energia maggiori rispetto alle possibilità umane, sia, molto più recentemente, come amplificatori delle capacità di percezione, ossia in funzione di sensori in grado di discriminare tra gli stati di diversi sistemi in modo più preciso rispetto alle possibilità umane. Tuttavia, la funzione di controllo è stata, fino a un relativamente recente passato, tipicamente svolta dall'uomo, nel senso che le azioni degli attuatori sono attivate direttamente dall'uomo e che le informazioni provenienti dai sensori sono processate immediatamente, o mediante altre macchine, dall'uomo. In questo senso, in un sistema tradizionale di controllo, gli esseri umani svolgono due funzioni in linea di principio distinguibili, essendo coloro che:

- i) assegnano il *set point*, una funzione *decisionale strategica*, generalmente compiuta in modo asincrono rispetto alla dinamica di Σ , e dunque *offline*;
- ii) operano come controllori, una funzione *decisionale operativa*, generalmente compiuta in modo sincrono rispetto alla dinamica di Σ , e dunque *online*.

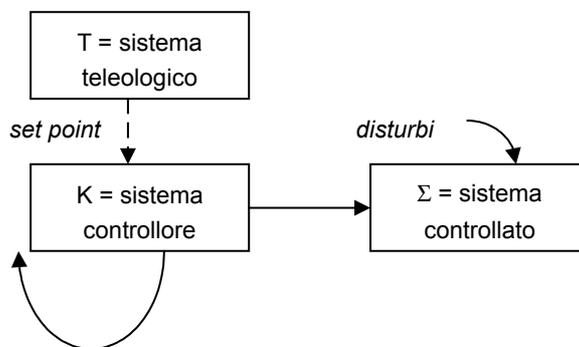
3.2. Controllo in funzione teleologica

Il diagramma di base della struttura del controllo è il seguente:



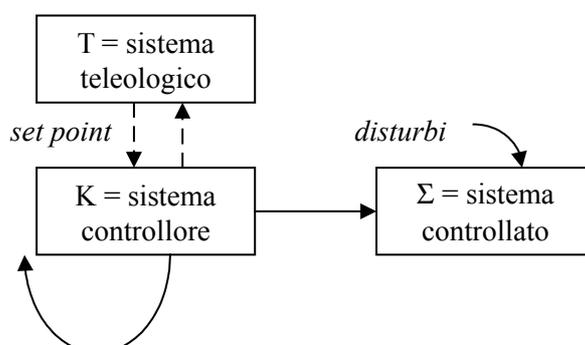
Il comportamento del sistema da controllare è determinato dall'azione del sistema sulla dinamica spontanea in presenza di disturbi, mentre il comportamento del sistema controllato è determinato interamente e istantaneamente dai suoi input, ossia dallo stato del sistema da controllare e dal *set point*, trattato in questo caso come parametro *esogeno*. La struttura del controllo può essere ulteriormente sviluppata in almeno due sensi differenti: 1) assumendo che il sistema di controllo è un sistema dinamico con stato, il cui comportamento è quindi determinato non solo dallo stato del sistema da controllare e dal *set point*, ma anche dalla storia delle azioni di controllo attuate dal sistema; 2) assumendo che il *set point* è a sua volta determinato da un ulteriore sistema, un sistema teleologico, in modo tale che possa anche essere modificato in funzione delle condizioni del sistema complessivo.

Se si introduce un sistema teleologico, il diagramma diviene:



In questo primo schema, il sistema teleologico è esterno all'anello del controllo, e quindi non è in grado di modificare il proprio comportamento in funzione dello stato o del comportamento del sistema complessivo. Si può dire che il sistema non è in grado di apprendere dal comportamento del sistema complessivo e di adattarsi in funzione di tale comportamento: il sistema $T + K$ non è quindi *adattativo*.

Se si introduce un sistema teleologico *adattativo*, il diagramma diviene:



In questo modo, si hanno due anelli: l'anello del controllo, tra il sistema controllato e il sistema controllore, e l'anello di adattamento, tra il sistema controllore e il sistema teleologico: 1) l'anello di controllo è tipico di un sistema *teleonomico*, mentre 2) l'anello di adattamento è tipico di un sistema *teleologico*.

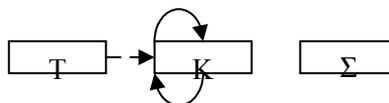
Emerge quindi una chiara divisione di compiti e di comportamenti corrispondenti: il compito di K è quello di controllare il sistema primario e il controllo si verifica tipicamente in modo dinamico, ma con stato ideale fisso (in questo modo, K ha un comportamento inerziale); il compito di T è quello di controllare il comportamento di K e il controllo si verifica tipicamente modificando lo stato ideale (in questo modo, K esibisce un comportamento libero).

Esempio: il sistema di preferenze di un agente è il sistema che determina i fini in condizioni variabili. Il comportamento dell'agente dato un sistema di preferenze è determinato dal sistema di preferenze e dalle informazioni sulle condizioni attuali sull'ambiente e sullo stato complessivo dell'agente. In questo senso, il comportamento dell'agente non è libero, ma determinato. Il comportamento libero si attua nel momento in cui il sistema di preferenze viene modificato.

3.3. La funzione teleologica: origine del *set point*

Alcuni sistemi complessi sono analizzabili sulla base della struttura ad anello di controllo introdotta in precedenza: in alcuni casi, l'analisi si applica perché il sistema stesso è progettato sulla base della struttura ad anello di controllo; in altri casi, l'analisi si applica perché il sistema mostra un comportamento indistinguibile dal comportamento di un sistema progettato sulla base della struttura ad anello di controllo. In entrambi i casi, è possibile identificare un *set point* e, nel caso del sistema progettato, è possibile identificare il sistema teleologico con il progettista. In questo caso, si comprende l'origine del *set point* e si comprende in che senso il sistema teleologico può essere adattativo, dal momento che il progettista può modificare il proprio progetto in funzione delle informazioni sul comportamento del sistema progettato e del sistema complessivo di cui il sistema progettato è parte.

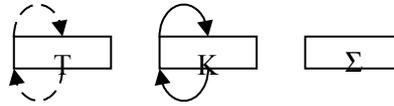
Un sistema di tipo:



è teleonomico perché non c'è alcuna ragione per assumere l'esistenza di un sistema

teleologico come origine del *set point*: è infatti sufficiente assumere che il *set point* sia strutturale, ossia incorporato nella struttura del sistema controllore.

Al contrario, un sistema del tipo:



è teleologico perché c'è una ragione per assumere l'esistenza di un sistema teleologico come origine del *set point*, dal momento che il *set point* varia e varia in funzione dello stato o del comportamento di del sistema controllore.

Tuttavia, se si interpreta un sistema teleologico in questo modo, non c'è alcuna ragione per assumere una differenza strutturale tra l'anello di controllo e l'anello di adattamento, dato che l'unica differenza osservabile potrebbe essere quella relativa alla quantità di energia impiegata per attuare il controllo o l'adattamento. Si ha quindi che la sola considerazione di struttura non è in grado di differenziare un sistema teleonomico da un sistema teleologico. Il punto fondamentale è invece costituito dall'esistenza di *leggi che determinano la dinamica di adattamento*.

3.4. La funzione teleologica: leggi emergenti

Si può osservare che, anche in presenza di leggi che determinano la dinamica di adattamento, si può distinguere un sistema che si comporta in modo teleonomico da un sistema che si comporta in modo teleologico sulla base della distinzione tra leggi fondamentali, i.e. le leggi che regolano il comportamento dei sistemi elementari dell'ontologia di sfondo che si assume fissata, e leggi emergenti, i.e. le leggi che regolano il comportamento dei sistemi complessi i cui costituenti elementari sono regolati dalle leggi fondamentali. La distinzione deriva da una possibile duplice interpretazione delle leggi emergenti: come leggi che sono riducibili oppure irriducibili alle leggi fondamentali. Infatti, se le leggi emergenti sono irriducibili alle leggi fondamentali, allora la finalizzazione caratteristica dei sistemi complessi con dinamica di adattamento può essere identificata con l'emergenza di leggi irriducibili che determinano la dinamica stessa.

3.5. La funzione teleologica: prospettiva interna

La struttura del controllo è stata analizzata fino a questo punto da una prospettiva esterna. Tuttavia, è possibile condurre la stessa analisi da una prospettiva interna, ossia della prospettiva propria di un agente intenzionale. In questo caso, la dinamica del sistema da controllare è rappresentata dal sistema di controllo e la determinazione del fine, ossia del *set point*, e del mezzo per ottenere il fine, il comportamento del sistema di controllo, non rappresenta un problema teorico, ma un problema pratico: il problema non è determinare quale, tra i molti possibili, è il fine o il comportamento *attuale*, ma quale è il fine o il comportamento *da attuare*. In questo caso, l'agente non si rappresenta alcuna legge in grado di determinare un comportamento tra altri, ossia rappresenta se stesso come libero.

Osservazione: in generale

essere {
nomologico
teleonomico } è una caratteristica del modello del sistema.
teleologico

Un sistema è chiamato nomologico se può essere interpretato con successo sulla base di un modello nomologico.

In questa sede non è possibile entrare nella discussione relativa all'emergenza dei comportamenti liberi sull'insieme dei comportamenti regolati da leggi. Tuttavia, è sufficiente osservare che il modello di rappresentazione usato per la comprensione del comportamento umano è tipicamente teleologico e che non esiste alcun modello nomologico in grado di interpretare con successo questo comportamento.

4. Controllo e sviluppo della libertà

L'analisi del concetto di controllo fin qui sviluppata ha mostrato sia che la dinamica del controllo costituisce in un senso ben definito un'inversione della dinamica spontanea di un sistema, sia che tale dinamica diviene particolarmente interessante nel momento in cui si assume la possibilità che il sistema teleologico che genera il *set point* di un certo sistema complessivo sia un sistema libero, ossia tale da non essere completamente determinato nella propria dinamica dall'anello adattativo. Se queste due condizioni sono considerate insieme, allora si hanno alcune conseguenze interessanti per una filosofia del controllo. In particolare, si manifesta:

1) una connessione, tra controllo e violenza, di tipo *ontologico*: un'operazione di controllo è tale da intervenire sulla dinamica spontanea di un sistema, e quindi da intervenire contro la libertà del sistema, se la libertà è identificata con la spontaneità della dinamica. In particolare, se un sistema è internamente finalizzato, allora un'operazione di controllo è tale da indurre una dinamica che non corrisponde alla finalizzazione del sistema, ossia una dinamica violenta. Il tema è classico: distinzione tra moti spontanei e moti violenti.

Il punto precedente si applica immediatamente in relazione alla dinamica della persona umana, manifestando un problema di violenza sull'uomo, dato da:

2) una connessione, tra controllo e violenza, di tipo *antropologico*: un'operazione di controllo è tale da intervenire sulla prassi spontanea di una persona, e quindi da intervenire contro la libertà della persona, se la libertà è identificata con la spontaneità della prassi. In particolare, dal momento che la persona istituisce dei fini, un'operazione di controllo è tale da indurre una prassi che non corrisponde ai fini istituiti dalla persona, ossia una prassi violenta. Il tema è ancora classico: distinzione tra azioni volontarie e azioni violente.

Le due connessioni evidenziate sono tali da orientare verso una concezione totalitaria del controllo, in base alla quale ogni operazione di controllo è un'operazione implicitamente violenta e votata alla dominazione sull'uomo e sul mondo.

4.1. La condizione concreta dello sviluppo di un sistema

La prima conclusione a cui si è giunti è che *il controllo è un tipo di disturbo esercitato su un sistema essenzialmente soggetto a disturbi*. C'è quindi una stretta connessione tra controllo e violenza, nella misura in cui un disturbo è definito come interazione che modifica la dinamica spontanea di un sistema. Tuttavia, dato che la connessione tra controllo e violenza è un caso particolare della connessione tra disturbi e violenza, è un'illusione pensare che eliminare il controllo possa implicare eliminare la violenza sulla dinamica di un sistema, dal momento che un sistema è permanentemente in relazione con altri sistemi il cui comportamento costituisce un disturbo della sua dinamica spontanea. Inoltre, se si identifica come interazione violenta ogni interazione che modifica la dinamica spontanea di un sistema, allora ogni interazione diviene violenta per definizione, e il concetto di violenza viene privato del suo significato proprio. La via che invece si può percorrere per interpretare il concetto di violenza alla luce delle conclusioni ottenute rispetto al controllo è quella di intendere i disturbi in generale come *interazioni vincolanti*, piuttosto che come *interazioni violente*, e di identificare le condizioni in base alle quali alcuni disturbi diventano violenti rispetto ad alcuni sistemi in circostanze specifiche, ossia le condizioni di possibilità della violenza.

4.2. La connessione tra controllo e violenza in sistemi teleologici

La prima condizione che appare possibile indicare è quella in base alla quale una interazione è violenta solo se coinvolge sistemi teleologici. Infatti, si può assumere che un'interazione violenta in senso stretto è caratterizzata dall'impedire il conseguimento di un fine. In caso di sistemi teleonomici, non esiste alcun fine da conseguire, e quindi non è possibile impedire il conseguimento di un fine. In caso di sistemi teleologici, si possono distinguere diverse condizioni.

1) la struttura teleologica è identificabile.

Se è identificabile una struttura teleologica, allora si può ipotizzare che un'azione conforme alla struttura non sia violenta, mentre un'azione non conforme alla struttura sia violenta. La conoscenza della struttura implicherebbe quindi la possibilità di un controllo non violento rispetto a un sistema teleologico. In questo modo, dato che la struttura di un sistema è sempre conosciuta sulla base di un modello, diviene evidente che ci sono almeno tre livelli possibili di azione violenta su un sistema: (i) un primo livello in cui un'azione impedisce il conseguimento di un fine che è stato identificato come conforme alla struttura di un sistema teleologico; (ii) un secondo livello, in cui un'azione impedisce il conseguimento di un fine perché il modello mediante il quale si è identificata la struttura del sistema non è un modello corretto; (iii) un ultimo livello, più profondo, in cui si impone un modello di interpretazione della struttura di un sistema, a prescindere dalla domanda sulla sua correttezza.

2) la struttura teleologica non è identificabile.

La dinamica teleologica è determinata dal sistema teleologico. Il sistema teleologico, se inteso in senso stretto, è un sistema privo di dinamica spontanea predeterminata. Quindi, l'assegnazione di un *set point* non è predeterminata

dall'anello adattativo con il sistema di controllo. Quindi, il controllo della dinamica spontanea non è necessariamente violento nei confronti del sistema controllato. Tradizionalmente, il controllo esercitato sulla dinamica del sistema è finalizzato a produrre uno stato del sistema complessivo che sia riconoscibile come positivo e che sia quindi tale da essere internamente selezionabile come un *set point*.

La sola condizione indicata non è però sufficiente per definire che cos'è una interazione violenta. Infatti, ad un livello più fondamentale, la condizione di possibilità perché ci sia violenza, oltre all'esistenza di una struttura teleologica in senso stretto, è data dall'esistenza di un *principio di giustizia* sufficientemente potente da implicare un principio circa l'inviolabilità della struttura teleologica stessa, ossia circa la negazione di azioni che portano alla distruzione della struttura teleologica oppure a impedire una dinamica teleologica. Si può osservare, tuttavia, che per identificare azioni che portano all'impossibilità di una dinamica teleologica ideale occorre avere identificato una dinamica teleologica ideale minimamente condivisa come dinamica standard, e questo è un problema che certamente oltrepassa l'obiettivo di questo saggio. In ogni caso, l'identificazione di una dinamica teleologica ideale sembra impossibile senza l'introduzione di un principio di giustizia e tale introduzione non è deducibile dall'identificazione di una dinamica tipica, o statisticamente significativa, di specifici sistemi teleologici.