



Le Sfide Future per la Sicurezza Alimentare tra Priorità ed Esigenze di Ricerca

Maurizio Ferri

Coordinatore Scientifico Simevep

Il presente contributo riassume i risultati di un workshop intitolato ‘A robust science and innovation environment for food safety systems of the future’, organizzato dalla Commissione Europea (Dg Sante, Dg R&I e Dg Agri) e tenutosi a Bruxelles il 17 gennaio 2019. Il programma ha previsto una sessione plenaria, due sessioni di approfondimento e quattro gruppi di lavoro a cui hanno partecipato rappresentanti di ONG, Commissione, enti e istituzioni scientifiche, industria ed esperti in scienze sociali. La diversa composizione dell’audience e l’eterogeneità delle esperienze hanno consentito di allargare il confronto con analisi, prospettive e soluzioni molteplici.

Il contenuto è strutturato come segue: dopo una breve introduzione sugli obiettivi del workshop, la prima parte propone alcuni temi rappresentativi delle sfide attuali e future per la sicurezza alimentare. Per ciascuno di essi vengono declinate le priorità e le opportunità per la ricerca ed innovazione (R&I). La seconda parte affronta la sfida dei dati o Big Data, ritenuto cruciale per lo sviluppo dei futuri sistemi per la sicurezza alimentare, unitamente alle opportunità, azioni prioritarie e agli attori da coinvolgere. La terza parte contiene le conclusioni con le azioni core riferite ai temi emergenti individuati: nuove tecnologie informatiche, Big Data, valutazione del rischio, condivisione dei dati e coinvolgimento sociale nel processo scientifico.

Introduzione

L’interrogativo ‘Quali sono le sfide future per la sicurezza alimentare, le priorità e le opportunità?’ è centrale nella discussione all’interno della Commissione e nei futuri programmi comunitari di ricerca finanziati con Horizon Europe,¹ e confermato nel rapporto pubblicato nel 2016 dal titolo ‘Delivering on EU Food Safety and Nutrition in 2050- Future challenges and policy’.² Il rapporto, ritenuto benchmarking per gli obiettivi dell’evento, fornisce uno studio prospettico rivolto ai decisori politici per la valutazione della flessibilità ed adattabilità dell’attuale politica alimentare e del relativo quadro normativo, con un orizzonte temporale che si spinge fino al 2050, e si pone l’obiettivo generale di garantire che i cittadini dell’Unione europea continueranno a godere di elevati standard di sicurezza alimentare e di qualità nutrizionale. Lo studio è incentrato su una metodologia

¹Horizon Europe costituisce un ambizioso programma di ricerca e innovazione da 100 miliardi di euro che succederà ad Horizon2020; https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/budget-may2018-research-innovation_en.pdf.

² Mylona, K., Maragkoudakis, P., Bock, A.-K., Wollgast, J., Caldeira, S. and Ulberth, F., Delivering on EU Food Safety and Nutrition in 2050 - Future challenges and policy preparedness, EUR27957 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2016, ISBN 978-92-79-58916-4, doi:10.2787/625130.



di previsione di molteplici scenari sulla base di fattori specifici che potrebbero apportare cambiamenti significativi al sistema alimentare, tra questi: il commercio globale, la crescita economica dell'Unione europea, la struttura delle catene agro-alimentari, le innovazioni tecnologiche, i cambiamenti climatici, la crescita della popolazione mondiale, ecc. Per ciascun scenario, lo studio individua le sfide di sicurezza alimentare e nutrizione e l'ordine di priorità che deriva dalla loro importanza e probabilità di verificarsi. Inoltre, per garantire la flessibilità del futuro quadro normativo per la sicurezza alimentare e nutrizionale dell'Unione europea, vengono definite: - le opzioni politiche adatte ad affrontare le sfide individuate: - le esigenze di ricerca coerenti con le opzioni politiche proposte e gli indicatori che potrebbero segnalare in modo proattivo se l'Unione europea è diretta verso uno degli scenari dello studio.

I temi presentati e discussi in plenaria hanno riguardato i due pilastri della strategie future per la sicurezza alimentare, ciascuno caratterizzato da sfide e da opportunità: da una parte le linee politiche dell'Unione europea a sostegno della R&I per la sicurezza alimentare, dall'altra le attività di valutazione del rischio nella catena alimentare, in particolare il ruolo dell'EFSA. Su questo secondo punto, Bernard Url, Direttore dell'EFSA, ha presentato alcuni progetti rilevanti per l'Agenzia, quali: - le nuove iniziative per migliorare la trasparenza ed indipendenza del processo di valutazione del rischio; - l'inclusione di sociologi e delle parti interessate nel processo scientifico per perfezionare la formulazione della domanda di ricerca; - la valutazione sistematica del rischio associato all'esposizione umana ai cocktails chimici: la valutazione rischi/benefici; - l'uso dell'intelligenza artificiale (IA) per lo studio della complessità nella catena alimentare.

Prima parte: Quali sono le sfide per la sicurezza alimentare, le priorità e le opportunità da cogliere e come la R&I può fare la differenza?

I temi chiave, oggetto di analisi e confronto all'interno dei gruppi di lavoro, sono stati: le nuove tecnologie, il processo di valutazione del rischio, i sistemi di controllo della sicurezza alimentare, la comunicazione del rischio, i fenomeni e i rischi emergenti per la catena alimentare.

Nuove tecnologie e nuovi ingredienti

- Lo sviluppo della biotecnologia e dell'information technology avrà un effetto dirompente sulla sicurezza alimentare e sui comportamenti dei consumatori. Quest'ultimi pur non disponendo di un livello di conoscenza "responsabile" di alcune tecnologie, le utilizzano massivamente. Per altre tecnologie, quali genome editing,³ Organismi geneticamente modificati, biologia sintetica⁴ e nanotecnologie, risulta meno chiaro il livello di accettazione
-
-

³ Il genome editing (chiamato anche editing genico) è una tecnologia che consente la possibilità di aggiungere, rimuovere o modificare il DNA di un organismo in particolari punti del genoma.

⁴ La Biologia sintetica (*Synbio*) si propone di progettare sistemi biologici che non esistono in natura. I biologi sintetici utilizzano principi di ingegneria e principi esistenti di re-design per meglio comprendere i processi vitali e con l'obiettivo di generare ed assemblare componenti modulari funzionali per lo sviluppo di nuove applicazioni e processi come la vita sintetica, le cellule o i genomi. Es. produzione di proteine senza ricorrere alla lisi delle cellule o sintesi automatizzata di molecole di DNA e loro assemblaggio in geni e genomi microbici.



- Secondo una previsione recente, entro il 2020 la nanotecnologia potrebbe portare a nuovi approcci radicali per assistere la produzione e lo stoccaggio delle colture e per lo sviluppo degli "alimenti funzionali", con una linea di demarcazione confusa tra alimento e medicina.
- La sfida per la ricerca risiede proprio nella carenza di metodologie atte a valutare l'impatto delle nuove tecnologie. Alcune di esse (es. OGM, nanotecnologie, biotecnologie, biologia sintetica) con il loro nodo di fatti incerti, alte poste in gioco e valori contestati, rappresentano una sfida di governance sia per i valutatori del rischio sia per gestori del rischio e policy-makers.

Valutazione del rischio

- Affinché la valutazione del rischio di sicurezza alimentare produca risultati efficaci e 'socialmente accettabili' (consenso sociale), è necessario individuare nuovi strumenti (es. approccio sistemico e valutazione del rapporto rischio/beneficio) ed includere la voce di altri soggetti interessati (es. industria, consumatori, cittadini). Questo secondo aspetto declina il concetto di "estesa partecipazione al processo scientifico generale e alla valutazione del rischio", al centro della proposta epistemica della scienza Post-normale, che punta ad incentivare la co-creazione e l'inclusione di altri attori per inquadrare correttamente il problema (framing question) prima ancora dello svolgimento dell'indagine scientifica. L'attuale cultura digitale sta implementando di fatto il concetto di extended peer review con l'impegno di diversi tipi di conoscenza e il coinvolgimento di una vasta comunità di attori sociali. A riguardo la Citizen Science è già una realtà e le esperienze acquisite confermano i benefici che si ottengono coinvolgendo i cittadini nella prima fase della valutazione del rischio.

Priorità per la R&I. Se la valutazione del rischio richiede generalmente più risorse per comprendere la complessità dei sistemi moderni all'origine di problemi complessi ed elevati livelli di incertezza, è necessario promuovere una ricerca interdisciplinare e progettare modelli capaci di gestire la complessità e l'incertezza anche attraverso una nuova strategia comunicativa rivolta ai decisori e al pubblico. Le future linee di ricerca dovrebbero orientarsi verso: - la definizione di procedure di valutazione dei rischi che tengano conto di nuovi comportamenti dei consumatori e che includano la conoscenza delle molteplici fonti di informazione come i social media; - la progettazione di protocolli sperimentali indipendenti; metodologie per quantificare e catalogare i diversi livelli di incertezza scientifica; - l'elaborazione di metodologie di information technology per la raccolta, analisi, interpretazione ed uso dei Big Data per la sorveglianza. Questi nuovi filoni di ricerca promuovono un approccio sistematico per la valutazione dei rischi e per la conoscenza dell'incertezza funzionali al processo decisionale in generale e migliorano la conoscenza dell'impatto sociale ed economico delle decisioni prese.



I sistemi di controllo per la sicurezza alimentare

- La crescente complessità della catena alimentare e dei relativi prodotti in un modo iperconnesso e globale e le esigenze di adattabilità dei sistemi attuali di controllo degli alimenti, richiedono più risorse per la ricerca. Il problema della tracciabilità ed l'autenticità degli alimenti (es. frode alimentare) è un tema chiave in questo contesto e necessita di nuovi strumenti operativi. I sistemi tradizionali per la conoscenza del flusso di informazioni sono lunghi dall'essere perfetti: le catene globali operano sulla base di informazioni locali e secondo il principio one-step-up/one-step back, il che rende obsoleta l'attuale tracciabilità alimentare basata su carta.

Comunicazione del rischio

- La grande sfida è come comunicare il rischio ai consumatori, le cui abitudini (o in generale, i comportamenti) sono in continua evoluzione. E' difficile oggi mappare e conoscere le fonti di informazione a cui si rivolgono i consumatori ed i motivi che spingono alcuni gruppi a prediligere una determinata fonte. In questo contesto, la fiducia della società (o più precisamente, la sua mancanza) nelle istituzioni scientifiche è una sfida significativa sia per i valutatori che per i gestori del rischio.

Priorità per la R&I. Il problema della ridotta fiducia nella scienza e nelle istituzioni scientifiche costituisce "le male du siècle" e segnala la crisi della scienza moderna. I consumatori ed i cittadini in generale sono disorientati a causa di interpretazioni scientifiche differenti e a volte contrastanti su questioni di sicurezza alimentare ed ambientale, problemi che generalmente originano dalla mancanza di una interfaccia produttiva tra le istituzioni scientifiche e i policy-makers e da una scarsa integrazione/dialogo tra i diversi settori della ricerca scientifica. Le recenti pressioni sull'EFSA per le questioni 'glifosato' e 'Monsanto' indicano la necessità di un cambio di rotta.⁵ E' dunque necessario da una parte combinare gli sforzi degli scienziati che attualmente lavorano in 'silos' ed elaborare metodologie per l'armonizzazione e collaborazione, dall'altra ottimizzare l'interazione tra scienza e politica, promuovendo un dialogo più costruttivo anche sugli aspetti legati all'incertezza scientifica, partendo dal dato che le informazioni tradotte in espressioni numeriche quantitative non sono l'unico strumento per comunicare e gestire l'evidenza scientifica nell'interfaccia scienza-policy.⁶

⁵ Il gruppo industriale Monsanto e l'industria dei pesticidi hanno emesso un sospiro di sollievo il 12 novembre 2015, data di pubblicazione dei risultati di un'indagine sulla tossicità del glifosato (erbicida agricolo) svolta dall'EFSA, (www.efsa.europa.eu/sites/default/files/scientific_output/files/main_documents/4302.pdf) che ha escluso il rischio probabile di cancerogenicità del glifosato per le persone. Rischio confermato invece nettamente nel rapporto del marzo 2015 dell'Agenzia internazionale per la ricerca contro il cancro (IARC), un organismo dell'Organizzazione mondiale della sanità (OMS).

⁶ Leggi: Zora Kovacic. Conceptualizing Numbers at the Science–Policy Interface. *Science, Technology, & Human Values* 2018, Vol. 43(6) 1039-1065.



Fenomeni/rischi emergenti

- E' difficile da prevedere e valutare l'impatto di alcuni dei fenomeni emergenti. Alcuni esempi: - la nuova tendenza dell'economia circolare non sufficientemente studiata nel rapporto rischio/beneficio per gli effetti legati alla ri-circolazione dei contaminanti; - la questione ricorrente e contestata degli effetti del cambiamento climatico; - la serie di interrogativi sulla sicurezza dell'allevamento e produzione di insetti per il consumo umano, un fenomeno che da nicchia sta conoscendo un dimensione industriale con un numero crescente di consumatori.

Priorità per la R&I. È necessario elaborare metodi di screening per l'individuazione dei rischi emergenti o ri-emergenti. La ricerca sui rischi di allergenicità legati al consumo umano degli insetti o sull'impatto globale del cambiamento climatico richiede un maggiore supporto finanziario.

Seconda parte: Come migliorare la gestione dei dati e la loro accessibilità? Quali tecnologie esistenti o future sono necessarie per aumentare i livelli di sicurezza alimentare? Come promuovere la cooperazione e la collaborazione tra i diversi stakeholders? Come coinvolgere la società?

Se la sicurezza alimentare sta diventando un problema di tecnologia dell'informazione occorre disporre di strumenti in grado di interrogare database sempre più vasti e complessi e analizzare e prevedere le associazioni tra elementi, soggetti ed entità che compongono le reti. Per effetto dello sviluppo potenziale delle tecnologie informatiche e della elevatissime velocità di analisi ed elaborazione dei computer, le attività di raccolta dei dati tramite database e sistemi di catalogazione e la loro interrogazione analisi ed elaborazione si sono notevolmente ampliate raggiungendo un livello inimmaginabile sino a qualche anno fa. Nonostante questi progressi, permangono le difficoltà nel gestire il fenomeno dei Big Data dati, con l'esistenza di un set di dati troppo grandi o complessi per i software tradizionali di elaborazione, la loro gestione e proprietà. Temi altrettanto emergenti riguardano le nuove tecnologie per la tracciabilità per la sicurezza alimentare basate sul cloud computing⁷ (Blockchain, TE-FOOD, OPTEL per citarne alcune), l'IA e l'Internet of Things (IoT).⁸ Se queste sono le sfide in un mondo sempre più globalizzato e digitalizzato, occorrerà lavorare per migliorare la qualità dei dati, la loro affidabilità, interpretazione ed accesso attraverso la ricerca finalizzata. Nella tabella seguente sono riassunte le possibili azioni prioritarie di ricerca divise per i tre grandi temi: IA, Dati e Database.

⁷ Il cloud computing è una tecnologia che consente di usufruire, tramite server remoto, di risorse software e hardware (come memorie di massa per l'archiviazione di dati), il cui utilizzo è offerto come servizio da un provider, specialmente in abbonamento.

⁸ In telecomunicazioni IoT, acronimo dell'inglese Internet of things o Internet delle cose, è un neologismo riferito all'estensione di Internet al mondo degli oggetti e dei luoghi concreti. Costituisce una possibile evoluzione dell'uso della Rete: gli oggetti (le "cose") (es. dispositivi, apparecchiature, impianti e sistemi, materiali e prodotti tangibili) si rendono riconoscibili e acquisiscono intelligenza grazie al fatto di poter comunicare dati su se stessi e accedere ad informazioni aggregate da parte di altri.



| Temi emergenti | Sfide e relative linee di azione e di ricerca future |
|-------------------------------|---|
| Intelligenza artificiale (IA) | elaborazione di strumenti di intelligence per la tracciabilità ed interoperabilità della catena di produzione, lavorazione e commercializzazione degli alimenti |
| | elaborazione di strumenti di intelligence per i software di data mining ⁹ |
| | sviluppare un rete di conoscenze e di sistemi come strumento per esplorare l'orizzonte (horizon scanning) |
| | sviluppo di modelli e strumenti di previsione |
| Dati | impostazione di standard di armonizzazione dei dati e dei metadati, indicatori sulla qualità dei dati e sviluppo di metodi/linee guida sulla responsabilità |
| | standard multipli per lo scambio elettronico di dati (EDI): per la continuità nella raccolta e conservazione dei dati ed accessibilità dovrebbero essere stabiliti più standard per lo scambio elettronico di dati |
| | ontologie (linguaggio comune: nomenclature e dizionari) |
| | ricerca sui business model (valore/rendimento) sulla raccolta e analisi dei dati |
| | bias negli algoritmi: i dati e gli algoritmi dovrebbero essere sottoposti a revisione esterna? |
| | conversione di dati in metadati (informazioni): ricerca sui metadati per migliorare la conversione dei dati in informazioni |
| | maggior disponibilità dei dati provenienti dall'industria |
| | miglioramento degli strumenti della ricerca e accesso ai dati |
| | collaborazione sulla raccolta di dati tra diversi soggetti interessati (raccolta di dati da operatori del settore alimentare) |
| | i dati sono attualmente frammentati, c'è necessità di indicizzazione, di standardizzazione di alcuni set di dati |
| | maggior collaborazione tra esperti dei dati (data scientist) ed esperti di sicurezza alimentare: migliore accessibilità e condivisione dei dati scientifici nei diversi settori della ricerca |
| | inclusione della scienza dei dati nelle scienze alimentari e creazione di programmi di istruzione superiore |
| | finanziamento di studi a lungo termine sulla raccolta e l'analisi dei dati |
| | valutazione dell'impatto del Regolamento Generale sulla Protezione dei Dati (GDPR): superare il trade-off dell'impatto sulla sicurezza alimentare e controlli ufficiali con il conflitto tra il diritto di avere dati personali protetti e quello di avere cibo sicuro (come bene pubblico) |
| | promozione di idee innovative sul finanziamento: fiscalità, crowdsourcing, ecc. |
| | Citizen science |

⁹ Le tecniche di data mining, assimilate alla scienza dell'informatica, vengono utilizzate in diversi settori. Applicate alla sicurezza alimentare e a partire da analisi matematiche e utilizzando algoritmi servono a conoscere e stabilire relazioni e dipendenze tra i dati all'interno di database di grandi dimensioni anche in chiave preventiva nell'ambito dei sistemi di allerta.



| | |
|----------|--|
| | Garbage-in-Garbage-Out (GIGO): ¹⁰ problemi di qualità dei dati, necessità di dati adatti allo scopo (fit-for-purpose) |
| | applicazione dei principi FAIR (reperibilità, accessibilità, interoperabilità e riutilizzabilità dei dati) ¹¹ per la gestione di dati scientifici nella ricerca europea (Programma Horizon 2020) |
| | definire la proprietà e manutenzione dei dati: chi utilizzerà i dati, a quale scopo? chi ne trarrà vantaggio, chi li convaliderà? chi manterrà i database attualmente disponibili? per la duplicazione dei dati, attualmente trovare i duplicati e cancellarli è più costoso di memorizzare i dati duplicati. |
| Database | proprietà ed accessibilità dei database |
| | metodi per combinare informazioni da diversi database |
| | migliorare l'accessibilità e la condivisione di alcuni database internazionali, attualmente limitata per motivi sociali, commerciali, politici. Superare i vincoli giuridici nella condivisione globale dei dati genomici (umani e patogeni): es. impatto del protocollo di Nagoya sugli attuali database internazionali delle sequenze genomiche (Whole Genome Sequencing-WGS). ¹² |

Quali attori coinvolgere?

I possibili attori da coinvolgere sono: le istituzioni, i fornitori/generatori di dati, i proprietari dei dati, gli analisti (ad esempio organizzazioni internazionali, autorità competenti, operatori del settore alimentare, ricercatori, valutatori del rischio), cittadini (citizen science), social media, piattaforme internazionale che coordinano l'armonizzazione dei dati, istituti di intermediazione di dati aziendali o no-profit, auditor di dati/algoritmi.

Terza parte: Conclusioni

La questione centrale che emerge dall'analisi delle sfide ed opportunità per il futuro delle politiche comunitarie di sicurezza alimentare e che sottende la qualità, trasparenza ed integrità del processo scientifico, rimanda in modo esplicito ad una maggior collaborazione/cooperazione tra le diverse istituzioni scientifiche, al coinvolgimento della società nel processo scientifico, alla più efficace

¹⁰ Il termine GIGO viene utilizzato soprattutto per richiamare l'attenzione sul fatto che i computer elaborano in modo acritico anche un insieme di dati in entrata palesemente insensati (*garbage in*) producendo, a loro volta, un risultato insensato (*garbage out*). Si ricorre comunemente a questo termine per indicare anche l'insuccesso umano in ambito decisionale dovuto a dati imperfetti, incompleti, o imprecisi (Wikipedia).

¹¹ I principi guida FAIR per la gestione dei dati scientifici sono stati pubblicati nel 2016 da un consorzio di scienziati ed organizzazioni internazionali ed avallati durante il vertice dei leader del G20 a Hangzhou del 2016 con una dichiarazione proprio a sostegno della loro applicazione nella ricerca.

¹² Il tema del sequenziamento e condivisione dei genomi batterici e virali viene attualmente affrontato nell'ambito del progetto internazionale denominato Global Microbial Identifier, il cui principale obiettivo è la creazione di una piattaforma informatica (database) all'interno della quale vengono memorizzate le sequenze genomiche (WGS) di microrganismi patogeni (libreria genomica) utili per l'identificazione di geni rilevanti e per il confronto dei patogeni emergenti o responsabili di focolai infettivi.



interazione con i policy makers e alla comunicazione dei rischi per la sicurezza alimentare. Se queste sono le sfide c'è necessità di: - promuovere la trasparenza ed intercettare tutti i potenziali attori; - riconoscere il ruolo chiave dei sociologi e dei filosofi della scienza; - creare un partenariato tra tutti i gruppi di interesse per la sicurezza alimentare utilizzando ad esempio il modello di crowd funding/sourcing; - promuovere il pluralismo e creare protocolli per l'impegno delle parti interessate nella fase iniziale del processo scientifico. Quest'ultimo aspetto, nel processo di valutazione del rischio, richiede l'impostazione di regole per l'inclusione degli attori sociali già nella fase di iniziale di "formulazione delle domande", con l'obiettivo di contestualizzare il problema e di valutare proattivamente il rischio/beneficio associato alle diverse opzioni normative per gestire i rischi per la sicurezza alimentare. Il tipo di attori da includere ed il livello di coinvolgimento richiesto dipendono dalla complessità del problema oggetto di studio, dall'interesse elevato ('la posta in gioco'), dal livello elevato di incertezza scientifica, dai controversi valori della sicurezza alimentare e dalla questione ambientale (es. OGM, nanotecnologie). Lo scopo della "partecipazione allargata" del processo scientifico, inteso come un'opportunità per affrontare le sfide in materia di sicurezza alimentare, è quello di migliorare la legittimità e rilevanza dell'evidenza scientifica per la gestione del rischio, attraverso l'acquisizione e la valutazione di tutti le prospettive legittime e normative e per promuovere una maggiore riflessività, consapevolezza dell'incertezza scientifica, trasparenza e qualità della produzione scientifica. Questo approccio alla fine promuove un ampio consenso sociale sulle decisioni prese.

In sintesi, al fine di garantire l'efficacia, la resilienza e la sostenibilità delle future politiche comunitarie di sicurezza alimentare e nutrizionale *vis a vis* le sfide individuate, c'è necessità di una creare una scienza più solida, attraverso il finanziamento della ricerca ed innovazione, riconciliata con il contesto moderno in continua evoluzione. Le azioni core previste sono le seguenti:

- **Tecnologie:** sviluppare tecnologie che includano strumenti di IA e strumenti di previsione per essere in grado di rispondere proattivamente e rapidamente ai rischi emergenti e limitarne le conseguenze
- **Big data:** ottimizzare gli strumenti di gestione e analisi dei dati, compresi gli standard di armonizzazione dei dati e dei metadati
- **Condivisione dei dati:** continuare con il lavoro FAIR per facilitare la condivisione dei dati con un approccio più sistematico ed affrontare le sfide tecniche, metodologiche e organizzative
- **Coinvolgimento sociale:** le sfide rappresentate dai rischi complessi in un mondo moderno, iperglobalizzato e complesso e con elevata incertezza scientifica, possono essere gestite attraverso il coinvolgimento delle parti interessate (opportunità) già nella fase iniziale del processo scientifico, promuovendo l'inclusività e la trasparenza.
- **Valutazione del rischio:** il processo di valutazione del rischio deve essere contestualizzato (ciò implica la valutazione di prospettive alternative offerte dai sociologi, filosofi della scienza e cittadini) ed includere l'incertezza scientifica, che nelle sue diverse forme e in mancanza di un approccio condiviso per la sua gestione, rende l'output scientifico discutibile o nel peggiore dei casi inaffidabile agli occhi della società.