

TECO-T FRAMEWORK PROBLEM SOLVING

Versione 01/09/2019

Curatori: Morena Sabella, Maria Rita Infurna

Si ringraziano il prof. Paolo Cherubini (Università degli Studi Milano Bicocca) e la prof.ssa Raffaella Ida Rumiati (SISSA - Scuola Internazionale Superiore di Studi Avanzati) per l'importante contributo alla formalizzazione e stesura del presente documento.

Sommario

Framework teorico competenza Problem Solving	3
INTRODUZIONE.....	3
DEFINIZIONE DI PROBLEM SOLVING PER IL TECO-T	3
TIPI DI PROBLEMI: BEN DEFINITI E MAL DEFINITI, SEMPLICI E COMPLESSI	4
IL COMPLEX PROBLEM SOLVING	6
COSTRUZIONE DELLE PROVE DI PROBLEM SOLVING PER IL TECO-T	8
DECLINAZIONE DEI PROCESSI	9
Bibliografia.....	10

Framework teorico competenza Problem Solving

INTRODUZIONE

La Commissione Europea ha definito otto competenze-chiave necessarie per la realizzazione e lo sviluppo della persona, del cittadino attivo, dell'inclusione sociale e dell'occupazione e individua otto ambiti di competenze trasversali, tra cui il *Problem Solving* (CE, 2006). Le riflessioni scientifiche avviate dalla prima metà del secolo scorso (Köhler, 1929; Duncker, 1935; Polya, 1945; Wertheimer, 1945), fino ai più recenti progetti europei (Ryjchen e Salganik, 2000) hanno identificato nella capacità di risolvere problemi una delle più importanti competenze trasversali che il sistema d'istruzione dovrebbe promuovere (Asquini, 2014), tanto da porla al centro di recenti e importanti indagini internazionali (OECD, 2013). Tuttavia, se è chiara la definizione di *problem solving*, è anche chiaro che esistono – a prescindere dal loro contenuto disciplinare – diverse tipologie di problemi; ed è corretto dire che purtroppo manca ad oggi – per ragioni intrinseche alle dimensioni da misurare, piuttosto che per carenza di attenzione all'argomento – un consenso scientifico su possibili strumenti *di rapida somministrazione in batteria* (come devono essere i test TECO) in grado di misurare con una qualche validità e affidabilità le competenze che distinguono persone più o meno capaci nell'affrontare *problemi complessi* (Dörner e Funke, 2017): cioè, proprio quei problemi su cui sarebbe auspicabile che si distinguano le persone che hanno ricevuto un'istruzione di livello universitario. Ciò non toglie che alcuni compiti relativamente rapidi e somministrabili in batteria possano approssimarsi più di altri ad alcune caratteristiche costitutive dei problemi complessi, e costituiscano quindi migliori candidati per misurare almeno in parte lo sviluppo della competenza nel *problem solving*.

DEFINIZIONE DI PROBLEM SOLVING PER IL TECO-T

Nonostante gran parte della ricerca sul *problem solving* abbia utilizzato problemi “di laboratorio” assai dissimili dai problemi che affiggono la vita quotidiana e la società, la definizione classica di “problema” già poneva al centro la sua rilevanza per la vita reale:

“Un problema sorge quando una creatura vivente ha un obiettivo, ma non sa come conseguirlo. Quando uno non può muoversi da una data situazione alla situazione desiderata semplicemente agendo, deve far ricorso al pensiero” (Karl Duncker, 1935).

In altre parole, un *problema* è una situazione in cui un individuo non può conseguire i suoi obiettivi con azioni dirette, o con concatenazioni già apprese di azioni o operazioni.

Per corollario, la “competenza nel *problem solving*” di cui TECO-T dovrà misurare lo sviluppo attraverso gli studi universitari è definibile come:

La competenza nel problem solving è la capacità di un individuo di conseguire obiettivi che in un dato contesto non possono essere raggiunti con azioni dirette, o con concatenazioni note di azioni e operazioni.

Dalla definizione discende che il test TECO-T non deve concentrarsi su problemi fortemente caratterizzati dal punto di vista disciplinare: se la soluzione a determinate classi di problemi specifici è già stata appresa nel corso degli studi, e controllata durante le esercitazioni e gli esami di quel corso, risolverli non misura la competenza nel *problem solving* del laureando (ma solo il suo grado di apprendimento delle nozioni studiate). Ciò che si cerca di misurare in TECO-T sarà invece la capacità *trasversale* di porsi in modo risolutivo di fronte a situazioni nuove, insolite, dove recuperare conoscenze pregresse è sì importante, ma lo è ancor di più essere capaci di utilizzarle in modo originale (aspetto cognitivo), mantenendo il controllo sulle proprie emozioni e mostrando resilienza di fronte ai fallimenti (aspetto emotivo), con tenacia e desiderio di riuscita (aspetto motivazionale) (Sternberg, 1985).

TIPI DI PROBLEMI: BEN DEFINITI E MAL DEFINITI, SEMPLICI E COMPLESSI

Anche se la definizione classica di “problema” è vicina alla vita reale, lo studio scientifico del *problem solving* si è focalizzato su compiti “di laboratorio”: compromessi necessari per garantire la rigorosità e affidabilità dei risultati, purtroppo a scapito della loro *validità* (cioè, della loro applicabilità a quella che è la soluzione dei problemi importanti della vita reale). È utile identificare due dimensioni per classificare i problemi: il loro **grado di definizione** e la loro **complessità**. Di ciascuna definiremo i due estremi, tenendo presente che si tratta di dimensioni continue.

Grado di definizione: nei **problemi ben definiti** al solutore sono fornite informazioni (“dati”) esaustive su tutte le premesse/variabili rilevanti per il compito, sulle operazioni che è possibile

svolgere, e sull'obiettivo (o gli obiettivi) da conseguire. Nei **problemi mal definiti** il solutore ha solo una conoscenza lacunosa, parziale, e non dettagliata delle premesse del problema, e/o delle azioni a sua disposizione e dei loro possibili esiti, e/o degli obiettivi da conseguire. I problemi di un qualche rilievo nella vita reale sono in gran parte mal definiti, mentre la maggior parte dei problemi "di laboratorio" sono ben definiti.

Grado di complessità: nei **problemi semplici** le variabili che definiscono il problema sono poche, le relazioni tra di loro sono descrivibili con funzioni non dinamiche, e spesso lineari; gli esiti delle azioni sono univocamente determinati, e prevederli non richiede alberi di ricerca in avanti (*forward reasoning*) di grande profondità; se ci sono altri attori oltre al solutore, i loro comportamenti e decisioni sono determinati o perfettamente prevedibili; c'è un solo obiettivo da conseguire. Nei **problemi complessi** le premesse/variabili sono numerose; almeno alcune delle relazioni tra le variabili sono dinamiche, o almeno non lineari; gli esiti delle azioni non sono univocamente determinati, e/o prevederne le conseguenze ultime richiede *forward reasoning* di grande profondità (quindi, il solutore deve confrontarsi continuamente con l'incertezza degli esiti); se ci sono altri attori oltre al solutore, i loro comportamenti e decisioni non sono determinati, né facilmente prevedibili; gli obiettivi da conseguire sono molti, ed è necessario stabilire gerarchie di priorità o sacrificare qualche obiettivo per privilegiarne altri.

Negli studi scientifici sul *problem solving*, nel percorso di formazione scolastico e universitario, nei giochi, e nella vita reale si incontrano esempi di tutte le quattro classi di problemi "generate" dall'incrocio delle due dimensioni. Per esempio, la "torre di Hanoi" (un tipico compito utilizzato da molte ricerche sul *problem solving*), le "parole crociate" o il "sudoku" sono problemi **semplici e ben definiti** (dal punto di vista esclusivamente cognitivo, risolverli può essere molto *challenging*: incidono molto sulle nostre risorse di memoria di lavoro, di ragionamento deduttivo, e su alcuni domini di conoscenze precedenti; ciò nonostante, rientrano nella definizione sia di "semplice" sia di "ben definito" prima illustrata). Le partite di scacchi, di go, o di altri *boardgame* strategici sono problemi **complessi e ben definiti**: anche se le variabili iniziali, le mosse possibili, e gli obiettivi sono noti, è impossibile prevedere con certezza le conseguenze ultime di ogni scelta; il bravo giocatore si confronta continuamente con l'incertezza, usando strategie euristiche per cercare di guadagnare posizioni di vantaggio e per cercare di prevedere le più probabili contromosse dell'avversario. Sono infine problemi **complessi e mal definiti** "governare bene una nazione o una città", "far prosperare un'azienda o un'economia", "vincere una guerra o una battaglia", "curare un organismo affetto da una malattia ignota", "controllare un ecosistema" (o prevedere/controllare il comportamento di un qualsiasi altro sistema dinamico caotico), e simili. Comprendono molte variabili, non tutte note, connesse tra loro da relazioni non lineari, dinamiche, e/o sconosciute; non è chiaro né facilmente prevedibile quali azioni potremo fare o non fare, quali azioni faranno gli altri attori, né quali saranno i loro esiti; non è nemmeno chiaro quali e quanti siano gli obiettivi da

perseguire, e quali di essi siano prioritari. Come si può vedere, gran parte dei problemi davvero rilevanti che i nostri laureati dovranno affrontare nella vita reale sono complessi e mal definiti: tanto nelle loro versioni reali, quanto nelle *simulazioni* e nei *serious games* utilizzati in molti percorsi di istruzione terziaria. Negli ultimi quarant'anni un'area di ricerca – sviluppata soprattutto da studiosi di lingua tedesca – ha studiato tramite simulazioni di laboratorio proprio questi problemi: è l'area del *complex problem solving*, o CPS.

IL COMPLEX PROBLEM SOLVING

Dopo i pionieristici studi della prima metà del secolo scorso, dagli anni '50 del novecento ad oggi l'enfasi sul rigore metodologico ha concentrato gran parte della ricerca su problemi e compiti semplici e ben definiti, con l'obiettivo di investigare in modo controllato gli "elementi atomici" della cognizione e, negli ultimi vent'anni, le loro basi neurali. Tuttavia, è ormai acclarato che la conoscenza dettagliata dei processi cognitivi non consente di capire e prevedere appieno la *performance* umana, a livello macroscopico, nella soluzione di problemi mal definiti e complessi. L'esigenza di abbinare allo studio microscopico della cognizione una prospettiva di più alto livello emerse già negli anni '70, motivata da eventi sociali¹ e dall'insoddisfazione per l'inefficacia dei test di intelligenza classici nel predire caratteristiche importanti di un individuo quali il suo successo professionale, sociale o politico (Sternberg, 1985). Il campo di ricerca del CPS, che studia sperimentalmente la *performance* su problemi complessi e mal definiti, fu inaugurato proprio in quel decennio, e conobbe i primi sviluppi negli anni '80 e '90 del Novecento (Dörner, Drewes, e Reither, 1975; Dörner, 1980; Warren & Langley, 1999; Diehl e Serman, 1995). Oggi è questione di dibattito scientifico se la misura della capacità di soluzione di un problema complesso possa essere interamente prevista dalla misura della *performance* in compiti di base come li si può trovare in diverse batterie di test di intelligenza classici (questa posizione è nota come *redundancy perspective*²; Kröner, Plass e Leutner, 2005; Süß, 1996); o se – piuttosto – consenta di predire meglio dell'"intelligenza misurata classicamente" le prestazioni nella vita reale dell'individuo, come la prestazione scolastica, o la capacità di adattarsi e avere successo in ambito lavorativo (questa posizione è nota come *distinctiveness perspective*³; Greiff, Wüstenberg, et al., 2013; Wüstenberg, Greiff e Funke, 2012; Spering et al., 2005; Barth e Funke, 2010; Hermes e Stelling, 2016). Non è naturalmente un obiettivo del progetto TECO-T dirimere questo problema scientifico. Resta il

¹ Come, ad esempio, la crisi petrolifera o le prime analisi del "Club di Roma" contenute nel *Rapporto sui limiti dello sviluppo*, meglio noto come *Rapporto Meadows*, pubblicato nel 1972, il quale predicava che la crescita economica non potesse continuare indefinitamente a causa della limitata disponibilità di risorse naturali, specialmente petrolio, e della limitata capacità di assorbimento degli inquinanti da parte del pianeta.

² *Complex problem solving as intelligence*.

³ *Complex problem solving as a separate construct*.

fatto che gli studi che l'hanno affrontato mostrano che la somministrazione di problemi complessi, e la misura della *performance* nella loro soluzione, tende ad avere capacità predittiva *come minimo* sovrapponibile (*redundancy perspective*), e *forse* un po' migliore (*distinctiveness perspective*), rispetto alla somministrazione di ponderosi e lunghi test di intelligenza classici.

Sintetizziamo più in dettaglio le cinque caratteristiche essenziali dei problemi complessi e mal definiti usati in questi studi (Funke, 2010):

1. *Numero di variabili*. Le variabili presenti nel contesto del problema sono numerose (in alcuni studi degli anni '80, fino a 2000) e il *problem solver* deve semplificare la situazione, identificando quelle davvero rilevanti e focalizzandosi su di esse.
2. *Interdipendenza delle variabili coinvolte*. Le variabili non sono connesse una ad una in modo lineare. Piuttosto, il valore di ciascuna può dipendere dal valore di molte altre, con relazioni descrivibili da funzioni non lineari e, nei migliori esempi di compiti complessi, dinamiche. Il *problem solver* deve sviluppare euristicamente uno o più modelli mentali capaci di simulare gli effetti macroscopici delle interrelazioni presenti nel problema, e questo richiede – oltre a molteplici osservazioni sistematiche – una grande capacità di ragionamento, di memoria, di sintesi, un buon livello di motivazione, e la capacità di resistere alle frustrazioni (molti tentativi iniziali di soluzione non hanno successo).
3. *Dinamicità*. I migliori compiti usati nel CPS sono basati su sistemi dinamici, cioè – in parole povere – sono descrivibili con funzioni che accettano tra i loro *input* anche il valore fornito in *output* dalla funzione stessa in cicli precedenti. Cioè, mantenendo fermo il valore di tutte le altre variabili in *input*, il comportamento del sistema in t_n può essere diverso da quello manifestato dallo stesso sistema in t_{n-1} . Questa è una caratteristica di molti sistemi reali (ecologici, biologici, fisici, sociali, politici, ecc.), e dei problemi che emergono in essi. Per risolvere adeguatamente un problema complesso, il *problem solver* deve riuscire a capire e a modellare il ruolo che in esso svolge il fattore "tempo".
4. *Incompletezza delle informazioni relative alle variabili e alla definizione dell'obiettivo*. Al *problem solver* non sono fornite tutte le informazioni necessarie sulle variabili del problema e sugli obiettivi da perseguire; il solutore deve sviluppare e mettere in atto strategie per acquisire attivamente le informazioni mancanti.
5. *Polytely (dal greco "molti obiettivi")*. In una situazione complessa ci sono, di solito, più obiettivi da perseguire, talvolta in conflitto tra loro; il *problem solver* deve essere in grado di raggiungere dei compromessi e di definire delle priorità.

COSTRUZIONE DELLE PROVE DI PROBLEM SOLVING PER IL TECO-T

Come anticipato, non è possibile utilizzare nell'ambito del TECO-T problemi davvero **mal definiti e complessi** come quelli presentati tramite mondi virtuali simulati al computer dai migliori studi sul CPS. Non è nemmeno possibile utilizzare tornei competitivi di giochi strategici **ben definiti e complessi** – nonostante sia un modo didatticamente ottimale per inserire nel *problem solving* incertezza, motivazione, e *challenge* emotivo. Questi limiti sono imposti da vincoli di durata del test e di praticità di somministrazione in batteria. È tuttavia auspicabile, come già fatto dall'indagine PISA (2013), inserire prove che rispettino alcune caratteristiche dei CPS, anche se non tutte (in letteratura sono note come “compiti minimamente complessi”, cfr. Dörner e Funke, 2017; ne sono esempi gli item del test commerciale COMPRO di Greiff e Wüstenberg, 2015).

Le prove di *Problem Solving* devono coinvolgere pensiero critico, laterale, e orientato agli obiettivi: cioè, nella terminologia delle scienze cognitive, devono richiedere lo sviluppo induttivo di più ipotesi/modelli alternativi di soluzione, la derivazione deduttiva e il confronto tra le probabili conseguenze di ciascuno di essi (nei compiti più difficili, la previsione delle conseguenze di ciascuna operazione dovrebbe richiedere almeno alcuni cicli di *forward reasoning*), e la scelta della possibile soluzione che si presenta come più promettente. Nella fase di esplorazione e analisi del contesto del problema, strategie semplici come VOTAT (*vary one thing at a time*), utili solo in contesti governati da funzioni esclusivamente lineari, dovrebbero essere “risolutive” solo nei compiti più semplici (contrariamente a quanto avviene nei compiti del test COMPRO).

I problemi dovrebbero essere descritti da una condizione iniziale (i dati), da una condizione finale (l'obiettivo), e da un insieme di azioni possibili sul contesto (gli operatori). Gli ostacoli alla soluzione possono essere interposti sia agendo sul grado di **definizione del problema** (rendere più o meno lacunose le informazioni disponibili su dati, obiettivi, e operatori), sia sul grado di **complessità** (rendendo non lineari e/o dinamiche le relazioni tra le variabili, e rendendo non deterministici gli esiti degli operatori). Per valutare la competenza degli studenti nel risolvere problemi sia semplici sia complessi, è opportuno sviluppare prove sull'intero arco descritto: dai problemi semplici e ben definiti, a quelli complessi e mal definiti. Le prove saranno presentate tramite computer, ed è quindi possibile prevedere un minimo di **interattività**.

Il contesto del problema deve riflettere domini differenti, essere di natura teorica o pratica, collegato a situazioni virtuali o al mondo reale; ma, trattandosi di un test trasversale somministrato a tutti gli studenti, le specifiche conoscenze disciplinari acquisibili nei diversi percorsi di studio non devono mai essere né necessarie né sufficienti per risolvere il compito.

DECLINAZIONE DEI PROCESSI

I processi cognitivi che si intendono misurare con TECO-T possono essere sintetizzati come segue, nella consapevolezza che questi siano numerosi e dipendano dal problema posto e da altre variabili non necessariamente controllate nel corso di un test.

a) Comprensione del problema

Passare dall'esplorazione della situazione problematica (individuare informazioni, i dati e le limitazioni) alla sua comprensione (individuare le informazioni necessarie, eliminare le informazioni non pertinenti e individuare le inferenze logiche).

b) Rappresentazione del problema

Costruire una rappresentazione mentale coerente e completa del problema (in formato grafico, simbolico o verbale). Il *problem solver* inizia con l'individuare fatti rilevanti e le relazioni tra essi, procede per la valutazione e l'organizzazione delle informazioni pertinenti e per la loro integrazione con conoscenze ed esperienze pregresse, per raggiungere un'ipotesi di soluzione.

c) Pianificazione della soluzione

Pianificazione ed esecuzione del progetto di risoluzione, definendo gli obiettivi intermedi e finali, individuando la strategia migliore e le operazioni da seguire.

d) Verifica della soluzione.

Controllare i risultati intermedi e finali, rilevare eventuali imprevisti allo scopo di proporre interventi di miglioramento e valutare criticamente ipotesi e soluzioni alternative.

Bibliografia

- Asquini, G. (2014). Strange Case of Italian results in PISA 2012. *ITALIAN JOURNAL OF EDUCATIONAL RESEARCH*, (13), 13-28.
- Barth, C. M., and Funke, J. (2010). Negative affective environments improve complex solving performance. *Cogn. Emot.* 24, 1259–1268. doi: 10.1080/02699930903223766
- Commissione europea (2006) Raccomandazione 2006/962/CE relativa a competenze chiave per l'apprendimento permanente
- Diehl, E., & Serman, J. D. (1995). Effects of feedback complexity on dynamic decision making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 62(2), 198-215.
- Dörner, D. (1980). On the difficulties people have in dealing with complexity. *Simulat. Gam.* 11, 87–106. doi: 10.1177/104687818001100108
- Dörner, D., & Funke, J. (2017). Complex Problem Solving: What It Is and What It Is Not. *Frontiers in psychology*, 8, 1153.
- Dörner, D., Drewes, U., and Reither, F. (1975). "Über das Problemlösen in sehr komplexen Realitätsbereichen," in Bericht über den 29. Kongreß der DGfPs in Salzburg 1974, Band 1, ed. W. H. Tack (Göttingen: Hogrefe), 339–340.
- Duncker, K. (1935): Zur Psychologie des produktiven Denkes. Berlin: Springer.
- Funke, J. (2010). Complex problem solving: a case for complex cognition?. *Cognitive Processing*, 11(2), 133-142.
- Greiff, S., Wüstenberg, S., Molnár, G., Fischer, A., Funke, J., & Csapó, B. (2013). Complex problem solving in educational contexts—Something beyond g: Concept, assessment, measurement invariance, and construct validity. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 364.
- Hermes, M., & Stelling, D. (2016). Context Matters, but How Much? Latent state–trait analysis of cognitive ability assessments. *International Journal of Selection and Assessment*, 24(3), 285-295.
- Köhler, W. (1929). Gestalt psychology. Liveright.
- Kröner, S., Plass, J. L., & Leutner, D. (2005). Intelligence assessment with computer simulations. *Intelligence*, 33(4), 347-368.

- OECD (2013), PISA 2012 Assessment and Analytical Framework: Mathematics, Reading, Science, Problem Solving and Financial Literacy, OECD Publishing.
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264190511-en>
- Polya, G. 1945. *How to Solve It: A New Aspect of Mathematical Method.* . Princeton University Press:
Princeton, New Jersey.P.25.
- Ryjchen D., Salganik L.H., (2000). *Definition and Selection of Key Competencies (DeSeCo)*, Paris: OECD Publishing.
- Spering, M., Wagener, D., & Funke, J. (2005). The role of emotions in complex problem-solving. *Cognition and Emotion*, 19, 1252-1261.
- Sternberg, R. J. (1985). *Beyond IQ: A triarchic theory of human intelligence*. CUP Archive.
- Sternberg, R. J. (1985). Implicit theories of intelligence, creativity, and wisdom. *Journal of personality and social psychology*, 49(3), 607.
- Süß, H. M. (1999). Intelligenz und komplexes Problemlösen: Perspektiven für eine Kooperation zwischen differentiell-psychometrischer und kognitionspsychologischer Forschung. *Psychologische Rundschau*, 50(4), 220-228.
- Warren, K., & Langley, P. (1999). The Effective Communication of System Dynamics to Improve Insight and Learning in Management Education. *The Journal of the Operational Research Society*, 50(4), 396-404. doi:10.2307/3010459
- Wertheimer, M. (1945): *Productive thinking*. New York and Evanston: Harper & Row Publishers. First appearance: *Über Schlussprozesse im produktiven Denken*, 1920
- Wüstenberg, S., Greiff, S., & Funke, J. (2012). Complex problem solving—More than reasoning?. *Intelligence*, 40(1), 1-14.