

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Gestionale e della Produzione

Corso di Laurea Magistrale

in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Metodi e criteri per l'analisi dei principali

Ranking Universitari



Relatori

Prof. Fiorenzo FRANCESCHINI

Prof. Domenico Augusto Francesco MAISANO

Candidato

Giuliana CANNATA

Anno Accademico

2020/2021

*A nonno Gaetano,
per sempre con me*

Indice

Introduzione	4
1. I Ranking delle Università	6
1.1. QS World University Rankings	6
1.1.1. Indicatore Reputazione accademica	7
1.1.2. Indicatore Reputazione del datore di lavoro.....	10
1.1.3. Indicatore Rapporto studenti di facoltà	11
1.1.4. Indicatore Rapporto Citazioni per facoltà	12
1.1.5. Indicatore Proporzione di docenti internazionali.....	13
1.1.6. Indicatore Proporzione di studenti internazionali	14
1.1.7. Calcolo dei punteggi finali	14
1.2. Times Higher Education.....	16
1.2.1. Area Didattica	17
1.2.2. Area Ricerca.....	19
1.2.3. Area Citazioni	21
1.2.4. Area Prospettive internazionali.....	21
1.2.5. Area Reddito industriale.....	22
1.2.6. Raccolta dati e risultato finale.....	23

1.3. Academic Ranking of World Universities.....	24
1.3.1. Indicatore Alumni	27
1.3.2. Indicatore Premio	28
1.2.3. Indicatore HiCi	28
1.3.4. Indicatore N&S.....	28
1.3.5. Indicatore PUB	29
1.3.6. Indicatore PCP.....	29
1.4 Analisi Comparata dei vari Ranking.....	30
2. Analisi preliminare dei ranking “Engineering & Technology”.....	36
2.1. I Ranking per Facoltà “Engineering & Technology”	36
2.1.1. QS World University Rankings by Subject.....	36
2.1.2. Times Higher Education World University Subject Rankings	40
2.1.3. Global Ranking of Academic Subjects	44
2.2. Gestione posizioni di equivalenza	48
2.3. Modalità di analisi del campione	49
2.3.1. Campione di 10 università	49
2.3.2. Campione di 100 università	52
3. Proposta per la determinazione di un Golden Ranking.....	60
3.1. Metodo di Borda.....	61
3.1.1. Applicazione Metodo di Borda al campione di 10 università.....	62

3.1.2. Applicazione Metodo di Borda al campione di 100 università	67
3.2. Metodo di Condorcet	74
3.2.1. Applicazione Metodo di Condorcet al campione di 10 università	75
3.2.2. Applicazione Metodo di Condorcet al campione di 100 università	81
4. Grado di Correlazione tra Ranking	83
4.1. W di Kendall	83
4.1.1. Misura della distanza tra ranking	103
4.2. α di Cronbach	104
4.3. Coerenza tra Kendall e Cronbach	125
Conclusioni	130
Sitografia	134
Bibliografia	135
Allegati	136

Introduzione

Negli ultimi anni la mobilità studentesca è notevolmente aumentata in tutto il mondo. Gli studenti che scelgono di studiare fuori sede, in particolare quelli stranieri, utilizzano principalmente i ranking delle università per informarsi e per scegliere quella che possa dare loro servizi migliori, maggiori garanzie di assunzione al termine del percorso di studi o maggiori opportunità a livello accademico.

I ranking internazionali delle università sono classifiche generate annualmente da appositi istituti internazionali, che confrontano le migliori università di tutto il mondo su diversi parametri. Infatti, ciascun istituto di ranking adotta una propria metodologia, che pesa i vari parametri in maniera diversa. I tipi di indicatori che vengono considerati più di frequente sono indicatori basati sulla qualità della didattica e dei risultati conseguiti dagli studenti, indicatori di tipo organizzativo/strutturale come, ad esempio, il rapporto docenti su studenti e di tipo reputazionale come opinioni della comunità accademica, studentesca e del mondo del lavoro.

Dunque, vi sono numerose classifiche che offrono una comparazione immediata dei migliori atenei. Per mole di dati e diffusione sono tre i principali ranking internazionali: il QS World University Rankings, il Times Higher Education e l'Academic Ranking of World Universities che mostrano differenti classifiche basandosi sulla combinazione di differenti criteri e metriche e sistemi di ponderazione diversi tra loro.

L'obiettivo del lavoro di tesi è proprio quello di aggregare queste classifiche in una collettiva e quindi realizzare una proposta per la determinazione di un *Golden Ranking*. Ovvero predisporre, mediante specifici metodi di aggregazione, un "ranking super partes" in grado di fondere in un unico ranking complessivo i tre ranking internazionali sopra citati. In modo tale che la presenza di un unico ranking di riferimento possa essere d'aiuto nel confrontare i diversi atenei tra loro e contribuire nella scelta dei potenziali studenti, dei ricercatori che scelgono con chi avviare collaborazioni su progetti di ricerca e delle aziende del mondo del lavoro.

L'elaborato si compone in cinque parti. La prima, più generale, è dedicata all'introduzione dei ranking delle università, alla presentazione delle principali classifiche e alla discussione degli indicatori che vengono usati. La seconda si concentra sui ranking per facoltà "Engineering & Technology" di cui sono state effettuate due diverse campionature da 10 e

da 100 università. La terza parte analizza i due metodi, Borda e Condorcet, le cui tecniche di aggregazione sono utilizzate nella realizzazione dei *Golden Ranking*. La quarta parte è finalizzata alla valutazione e al confronto, attraverso l'utilizzo dei coefficienti W di Kendall e α di Cronbach, tra i *Golden Ranking* realizzati e le tre classifiche di partenza per verificare il loro grado di correlazione. Infine, la parte conclusiva fornisce un'analisi dei principali metodi utilizzati per la determinazione dei *Golden Ranking*, evidenziandone punti di forza e di debolezza.

1. I Ranking delle Università

1.1. QS World University Rankings

La QS World University Rankings è una tra le classifiche delle migliori università del mondo più prestigiose, è prodotta da Quacquarelli Symonds e pubblicata ogni anno dal 2004 (topuniversities.com). Tra il 2004 e il 2009, la classifica veniva pubblicata in collaborazione con Times Higher Education, settimanale britannico che tratta di istruzione superiore. A partire dal 2010 la collaborazione è terminata, e Times Higher Education ha cominciato a pubblicare una propria versione della classifica, il Times Higher Education World University Rankings.

La QS World University Rankings si basa in parte su dati concreti e in parte su fattori tratti da due grandi sondaggi globali: uno da parte degli accademici e un altro da parte dei datori di lavoro. Queste sono una caratteristica principale dell'approccio di classificazione QS e offrono alcuni vantaggi chiave. La classifica QS utilizza i dati di revisione tra pari raccolti da oltre 100.000 studiosi e accademici e oltre 50.000 risposte dei datori di lavoro. Questi due indicatori valgono rispettivamente il 40% e il 10% del punteggio possibile di un'università. La classifica QS include anche le citazioni per membro della facoltà da Scopus, rapporti studenti/docenti, il personale internazionale e il numero degli studenti internazionali. Le citazioni e le misure di studenti/docenti valgono il 20 percento del punteggio totale possibile di un'istituzione; il personale internazionale e i dati degli studenti internazionali il cinque percento ciascuno (Figura 1.1).



Figura 1.1 - Indicatori del QS World University Ranking (topuniversities.com)

Pertanto, le università vengono valutate secondo sei metriche. Il valore percentuale assegnato a ciascun indicatore mostra la sua importanza rispetto agli altri nella classifica. I pesi di ciascun indicatore si sommano al 100% del punteggio complessivo.

1.1.1. Indicatore Reputazione accademica

La *Reputazione accademica* è il fulcro del QS World University Rankings con una ponderazione del 40%. Si tratta di un approccio alla valutazione universitaria internazionale di cui QS è stato il pioniere nel 2004 ed è la componente che attrae il maggiore interesse e controllo. L'elaborazione dell'indicatore segue diverse fasi descritte nel seguito.

I. Sondaggio

I risultati si basano sulle risposte a un sondaggio distribuito ad accademici in tutto il mondo da una serie di fonti diverse: precedenti intervistati, elenchi di contatti forniti dalle istituzioni, iscrizioni mediante la piattaforma QS, banca dati IBIS.

Il sondaggio viene inviato a molte migliaia di accademici globali ogni anno. L'indagine si è evoluta dal 2004 ma segue in gran parte gli stessi principi generali. Il sondaggio chiede a ciascun intervistato di specificare le proprie conoscenze all'inizio e quindi adatta, in base alle risposte, l'elenco interattivo da cui gli intervistati sono invitati a selezionare le funzionalità solo delle voci della propria regione e della propria specializzazione nel campo.

Il sondaggio è suddiviso nelle seguenti sezioni:

1. Dati personali: nome, istituzione, titolo professionale e classificazione, dipartimento, anni accademici.
2. Specifica della conoscenza:
 - i. **Paese:** agli intervistati è richiesto di indicare il paese con cui hanno maggiore familiarità piuttosto che il paese in cui risiedono. Ciò consente ai nuovi docenti internazionali di commentare la loro sfera di conoscenza piuttosto che speculare su un'area di cui potrebbero ancora sapere poco.
 - ii. **Regione:** le risposte relative alla conoscenza regionale sono raggruppate in tre superset che definiscono l'elenco delle istituzioni da cui il rispondente può selezionare, queste sono le Americhe; Asia, Australia e Nuova Zelanda; ed Europa, Medio Oriente e Africa.

- iii. **Area Facoltà:** agli intervistati viene chiesto di selezionare una o più aree di facoltà in cui ritengono che la loro competenza risieda. Queste sono arti e scienze umane, ingegneria e tecnologia, scienze della vita e medicina, scienze naturali e scienze sociali. Le sezioni 3 e 4 di seguito vengono ripetute per ciascuna area di facoltà selezionata.
 - iv. **Campo:** agli intervistati viene chiesto di selezionare fino a due campi specifici che meglio definiscono la loro esperienza accademica.
3. **Principali istituzioni nazionali:** agli intervistati viene chiesto di identificare fino a dieci istituzioni nazionali che ritengono migliori per la ricerca in ciascuna delle aree di facoltà selezionate nella Sezione 2. La loro istituzione, se altrimenti inclusa, è esclusa dall'elenco presentato.
 4. **Principali istituzioni internazionali:** agli intervistati viene chiesto di identificare fino a trenta istituzioni internazionali che ritengono migliori per la ricerca in ciascuna delle aree di facoltà selezionate nella Sezione 2. La loro istituzione, se altrimenti inclusa, è esclusa dall'elenco presentato.
 5. **Informazioni aggiuntive:** per raccogliere informazioni aggiuntive dagli intervistati, come feedback su pubblicazioni precedenti e l'importanza di varie misure nella valutazione delle università.

II. Elaborazione della risposta

Una volta ricevute le risposte, vengono intraprese una serie di passaggi per garantire la validità del campione.

- **Aggregazione quinquennale**

Per aumentare la dimensione e la stabilità del campione, QS combina le risposte degli ultimi cinque anni, in cui qualsiasi intervistato ha risposto più di una volta nel periodo di cinque anni, le risposte precedenti vengono scartate a favore degli ultimi numeri. I campioni di indagine che hanno contribuito a questo lavoro sono cresciuti notevolmente durante la durata del progetto, risultando in misure di reputazione intrinsecamente più solide. È stata presa la decisione di estendere la finestra per entrambe le misure di reputazione a cinque anni invece che a tre anni prima, con risposte dai primi due anni con un peso relativo rispettivamente del 25% e del 50%.

- Filtro della posta indesiderata
QS esegue un ampio processo di filtraggio per identificare e scartare risposte inviate da parte di studenti non ammessi al sondaggio accademico, sondaggi inviati senza candidature o sondaggi completati troppo rapidamente per essere affidabili.
- Test delle anomalie
È ben documentato, sulla base di altre indagini di alto profilo nell'istruzione superiore, che le università non si limitano a cercare di convincere gli intervistati a rispondere in un certo modo. QS esegue una serie di processi per controllare qualsiasi manipolazione delle risposte al sondaggio. Se si trovano prove che suggeriscono che un'istituzione ha tentato di influenzare apertamente le proprie prestazioni, qualsiasi risposta acquisita viene scartata (support.qs.com).

III. Analisi dei risultati

Una volta che tutte le risposte sono state elaborate, per ciascuna delle cinque aree tematiche si prosegue nel seguente modo:

- elaborare ponderazioni in base alle regioni con cui gli intervistati si considerano familiari. Le ponderazioni si basano solo sulle risposte complete per la domanda data. Ciò è leggermente complicato dal fatto che gli intervistati sono in grado di riferirsi a più di una regione.
- Ricavare un conteggio ponderato degli intervistati internazionali a favore di ciascuna istituzione facendo attenzione ad escludere qualsiasi autoreferenzialità.
- Ricavare un conteggio degli intervistati nazionali a favore di ciascuna istituzione adeguato al numero di istituzioni di quel paese con un certo livello di candidature internazionali e alla risposta totale di quel paese assicurando che eventuali autoreferenze siano escluse.
- Applicare un ridimensionamento lineare a ciascuno di questi per ottenere un punteggio su 100.
- Combinare i due punteggi con una ponderazione 85% internazionale, 15% nazionale. Una bassa ponderazione per gli intervistati nazionali riflette anche il fatto che si tratta di una classifica universitaria mondiale. Si usa 50:50 per la revisione del datore di lavoro.
- Calcolare la radice quadrata del risultato per estrarre valori anomali.

- Scalare il punteggio radicato per presentare un punteggio su 100 per l'area di facoltà data.
- Combinare i punteggi nelle cinque aree di facoltà con uguale ponderazione per produrre il punteggio finale per istituzione per la reputazione accademica.

1.1.2. Indicatore Reputazione del datore di lavoro

La *Reputazione del datore di lavoro* è unica tra le attuali valutazioni internazionali in quanto prende in considerazione la componente importante dell'occupabilità. La maggior parte degli studenti universitari lascia l'università in cerca di lavoro dopo la laurea, rendendo la reputazione della loro università tra i datori di lavoro una considerazione cruciale. Quindi si intervistano i datori di lavoro per chiedere la loro opinione sulla qualità dei laureati. Anche per l'elaborazione di questo indicatore si ripercorrono diverse fasi.

I. Sondaggio

I risultati si basano sulle risposte a un sondaggio distribuito in tutto il mondo ai datori di lavoro da una serie di fonti diverse: precedenti intervistati, database QS, partner QS, elenchi forniti dall'istituzione. Come il sondaggio accademico, il questionario risponde in modo adattivo alle prime domande per portare gli intervistati attraverso l'MBA, il master o le tracce di primo grado, a seconda dei casi.

Le sezioni chiave per le classifiche funzionano come segue:

1. Dati personali: nome, azienda, e-mail, paese / territorio.
2. Caratteristiche dell'azienda: industria, dimensioni dell'organizzazione, livelli di reclutamento, estensione del reclutamento, esperienza regionale.
3. Migliori istituzioni nazionali: agli intervistati viene chiesto di identificare fino a dieci istituzioni nazionali che ritengono migliori per l'assunzione di laureati.
4. Migliori istituzioni internazionali: agli intervistati viene chiesto di identificare fino a trenta istituzioni internazionali che ritengono migliori per il reclutamento di laureati. L'elenco è composto esclusivamente da istituzioni della regione o delle regioni con cui esprimono familiarità nella sezione 2.
5. Informazioni aggiuntive: per raccogliere feedback su pubblicazioni precedenti e l'importanza di varie misure nella valutazione delle università.

L'elaborazione della risposta e l'analisi dei risultati seguono lo stesso procedimento descritto per la reputazione accademica.

1.1.3. Indicatore Rapporto studenti di facoltà

Il *Rapporto studenti di facoltà* ha l'obiettivo di valutare la qualità dell'insegnamento. Considera questo indicatore come un proxy per l'ambiente di apprendimento e insegnamento di un'istituzione. Più membri della facoltà per studente dovrebbero significare più risorse per l'insegnamento, lo sviluppo del curriculum, la supervisione, il lavoro di laboratorio, la valutazione e il supporto pastorale.

Per il calcolo di questo indicatore, QS raccoglie due distinti set di dati:

- Studenti equivalenti a tempo pieno - ETP

Il numero totale degli studenti viene prima estratto dall'aggiunta del numero di studenti prossimi alla laurea e studenti post-laurea. Se questi dati non sono disponibili o sono incompleti, viene utilizzato il numero totale di studenti.

- Facoltà equivalente a tempo pieno - FTE

I numeri dei docenti utilizzati sono totali. Sebbene l'ideale sarebbe separare le nozioni di insegnamento e di ricerca e utilizzare la prima per calcolare questo indicatore e la seconda per l'indicatore Citazioni per Facoltà, non è possibile farlo poiché i dati fino a quel grado di distinzione finora non sono disponibili per molti paesi.

QS acquisisce tali dati non solo direttamente dalle istituzioni stesse, ma anche da ministeri governativi, agenzie come HESA, fonti web e altre terze parti. Ove possibile, i dati vengono confrontati con più fonti per verificarne l'autenticità.

L'indicatore si calcola dividendo il numero di studenti per il dato di Facoltà, validati da QS.

$$\text{Rapporto studenti di facoltà} = \frac{ETP}{FTE}$$

Ad esempio, la National University of Singapore riporta un numero totale di studenti iscritti pari a 40000 e 2196 docenti nel 2021. Dal rapporto tra i due valori si ottiene il Rapporto studenti di facoltà pari a circa 18.2.

1.1.4. Indicatore Rapporto Citazioni per facoltà

Le citazioni, valutate in qualche modo per tenere conto delle dimensioni dell'istituzione, sono la misura della forza della ricerca meglio compresa e più ampiamente accettata. Spesso calcolato su base "per articolo", il QS World University Rankings ha adottato un approccio "per membro di facoltà" sin dal suo inizio nel 2004. Il punteggio di Citazioni per Facoltà contribuisce per il 20% al punteggio complessivo delle classifiche ed è calcolato utilizzando i dati di Scopus, il più grande database al mondo di abstract e citazioni di letteratura sottoposta a revisione paritaria, che contiene 47 milioni di documenti e oltre 19.500 titoli di 5.000 editori in tutto il mondo.

L'indicatore è dato dal seguente rapporto:

$$\text{Citazioni per facoltà} = \frac{\text{Citazioni}}{\text{FTE}}$$

➤ Citazioni:

valgono sei anni per i documenti pubblicati su un periodo di cinque anni.

Ci sono tre principali fonti di pubblicazione e dati sulle citazioni in tutto il mondo, si tratta del Web of Science di Thomson Reuters; Scopus di Elsevier e Google Scholar. Nei primi tre anni del QS World University Rankings, sono stati utilizzati i risultati degli Essential Science Indicators (ESI), un sottoinsieme del Web of Science. Nel 2007, il passaggio a Scopus è stato effettuato per una serie di motivi, ma principalmente a causa di una più ampia copertura delle riviste che ha portato a risultati per un numero maggiore di istituzioni. Uno sviluppo chiave nel 2011 è stata l'esclusione delle autocitazioni.

Nel 2015 sono state applicate due ulteriori significative modifiche:

- sono stati esclusi i documenti con autori di più di dieci istituzioni affiliate: ciò rappresenta circa lo 0,34% del database e impedisce che materiale altamente citato prodotto da gruppi di ricerca molto grandi conferisca troppo credito a istituzioni che hanno contribuito solo in minima parte al lavoro. Sebbene siano spesso ricerche importanti e di alto profilo, questi documenti spesso causano una distorsione per un'università che altrimenti potrebbe non essere particolarmente attiva nella ricerca.

- Normalizzazione dell'area della facoltà: a causa dei modelli e delle pratiche di pubblicazione, un rapporto lineare di citazioni per facoltà pone un forte accento sulle scienze della vita e sulla medicina. In consultazione con consulenti e partecipanti, QS ha scelto di adottare un modello che mira a uniformare l'influenza della ricerca nelle cinque aree chiave della facoltà.

Nel 2016 è stata apportata un'ulteriore modifica alla prima di queste modifiche. Piuttosto che un limite fisso di dieci istituzioni affiliate, è stato applicato un limite di affiliazione sensibile ai modelli di pubblicazione della disciplina a cui appartiene un dato giornale. Nell'approccio precedente, una percentuale maggiore di articoli in fisica sarebbe stata esclusa rispetto all'ingegneria civile, ad esempio. Il cap variabile è stato calibrato per garantire che non più dello 0,1% della ricerca sia escluso da qualsiasi disciplina.

➤ **Facoltà equivalente a tempo pieno - FTE**

I numeri di facoltà utilizzati sono totali anche se sarebbe ideale separare le nozioni di insegnamento e ricerca. Finora tale distinzione non è possibile farla poiché si è rivelata non disponibile per molti paesi.

1.1.5. Indicatore Proporzione di docenti internazionali

È un indice internazionale della facoltà e si basa semplicemente sulla percentuale di docenti internazionali. Questo indicatore esamina il rapporto tra il numero del personale docente che contribuisce all'attività didattica o di ricerca accademica o ad entrambi presso un'università per un periodo minimo di tre mesi e che è di nazionalità straniera rispetto al personale docente complessivo.

$$\text{Proporzione di docenti internazionali} = \frac{\text{docenti internazionali}}{\text{docenti totali}}$$

Ad esempio, dati il numero totale di docenti di un'università pari a 1150 e 180 docenti internazionali, dal rapporto si ottiene la proporzione di docenti internazionali circa pari al 15.7 %.

Un'istituzione che attira una percentuale considerevole di docenti internazionali ha notevoli benefici in termini di diversità e collaborazione nella ricerca e nell'insegnamento. Viceversa,

un'istituzione che attira un numero considerevole di personale estero, ne consegue che è abbastanza attraente da farlo.

1.1.6. Indicatore Proporzione di studenti internazionali

Simile per natura all'indice internazionale della facoltà, l'indice degli studenti internazionali si basa sulla percentuale di studenti internazionali. Questo indicatore esamina il rapporto tra il numero totale di studenti universitari e post-laurea che sono cittadini stranieri e che trascorrono almeno tre mesi presso un'università in proporzione al numero totale di studenti universitari e post-laurea complessivi.

$$\text{Proporzione di studenti internazionali} = \frac{\text{studenti internazionali}}{\text{studenti totali}}$$

Siano, ad esempio, 3500 gli studenti internazionali su un totale di 12000 studenti iscritti in un'università. La proporzione di studenti internazionali è data dal seguente rapporto: $3500/12000 = 29.2\%$.

Un'istituzione che attrae un'alta percentuale di studenti internazionali ha vantaggi in termini di networking, scambi culturali, un'esperienza di apprendimento più diversificata e diversità degli studenti.

1.1.7. Calcolo dei punteggi finali

Una volta calcolati i valori soprastanti per ciascun indicatore, la prossima cosa da fare è ridimensionare il valore di ciascun indicatore in un intervallo comune da 1 a 100, in modo che siano compatibili tra loro. Questo processo è ampiamente noto come normalizzazione dei dati.

- In primo luogo, viene applicata la normalizzazione dello z-score. Un valore z mostra il numero di deviazioni standard che un dato punto di dati si trova sopra (valore z positivo), sotto (valore z negativo) o esattamente sulla media (valore z zero).
- Una volta calcolati gli z-score, viene tracciata la loro posizione sulla curva normale risultante nel valore in scala da 0 a 1 per ciascun indicatore, mostrando

la probabilità che un valore dell'indicatore di un'istituzione casuale della popolazione sia inferiore o uguale al dato valore. Ad esempio, se un'istituzione ha una reputazione accademica in questa fase dei calcoli pari a 0,9, ciò indicherà che si comporta nel 10% superiore delle istituzioni con questo indicatore.

- I punteggi risultanti vengono infine scalati linearmente tra 1 e 100 per ciascun indicatore.

Dopo che i dati di ciascun indicatore sono compatibili tra loro, possiamo combinare i dati in modo affidabile e applicare ponderazioni equamente al calcolo del punteggio complessivo. Il punteggio complessivo finale viene nuovamente scalato, dove 100 va al punteggio complessivo massimo e proporzionalmente inferiore a tutti gli altri.

La classifica del 2020 riporta al 1° posto il Massachusetts Institute of Technology (MIT), nominato la migliore università del mondo per l'ottavo anno consecutivo da record, rendendolo l'istituto di maggior successo nella storia della classifica QS. Il punteggio complessivo è ottenuto combinando i vari indicatori a seconda del peso assegnato ad ognuno e al punteggio ottenuto:

1. Reputazione accademica del sondaggio globale (40%) = 100
2. Reputazione dei datori di lavoro dal sondaggio globale (10%) = 100
3. Rapporto studenti di facoltà (20%) = 100
4. Citazioni per facoltà da Scopus (20%) = 99.8
5. Proporzione di docenti internazionali (5%) = 100
6. Proporzione di studenti internazionali (5%) = 94.1

Combinando i valori si ottiene un punteggio pari a 99.665, superiore a tutte le altre istituzioni presenti nella classifica. Dunque, il MIT si posiziona al primo posto con un punteggio complessivo massimo pari a 100.

1.2. Times Higher Education

Il Times Higher Education (THE) fornisce dati sulle prestazioni delle università per studenti e loro famiglie, accademici universitari, dirigenti universitari, governi e industria, dal 2004. I dati sono considerati affidabili da governi e università e sono di vitale importanza per gli studenti, aiutandoli a scegliere dove studiare (timeshighereducation.com).

Il *THE World University Ranking 2021* include più di 1.500 istituzioni in 93 paesi e regioni, offrendo per ogni università un profilo dettagliato, con una ripartizione dei punteggi complessivi nelle classifiche e dati supplementari progettati per aiutare gli studenti. Il THE ranking valuta le università di livello mondiale coprendo l'intera gamma delle aree di attività essenziali delle università: didattica, ricerca, citazioni, prospettive internazionali e trasferimento di conoscenze. Utilizza 13 indicatori di performance accuratamente calibrati per fornire i confronti più completi ed equilibrati.

Gli indicatori di performance sono raggruppati in cinque aree, ponderati in base al loro grado di importanza (Figura 1.2):

1. Didattica 30%
 - Sondaggio sulla reputazione
 - Rapporto personale accademico/studente
 - Rapporto tra dottorati e lauree conseguite
 - Rapporto tra dottorati conferiti e personale accademico
 - Reddito istituzionale

2. Ricerca 30%
 - Sondaggio sulla reputazione
 - Reddito di ricerca
 - Produttività della ricerca

3. Citazioni 30%
 - Impatto della citazione

4. Prospettive internazionali 7.5%
 - Proporzioni di studenti internazionali

- Proporzione del personale accademico internazionale
- Collaborazione internazionale

5. Reddito industriale 2.5%

- Trasferimento delle conoscenze

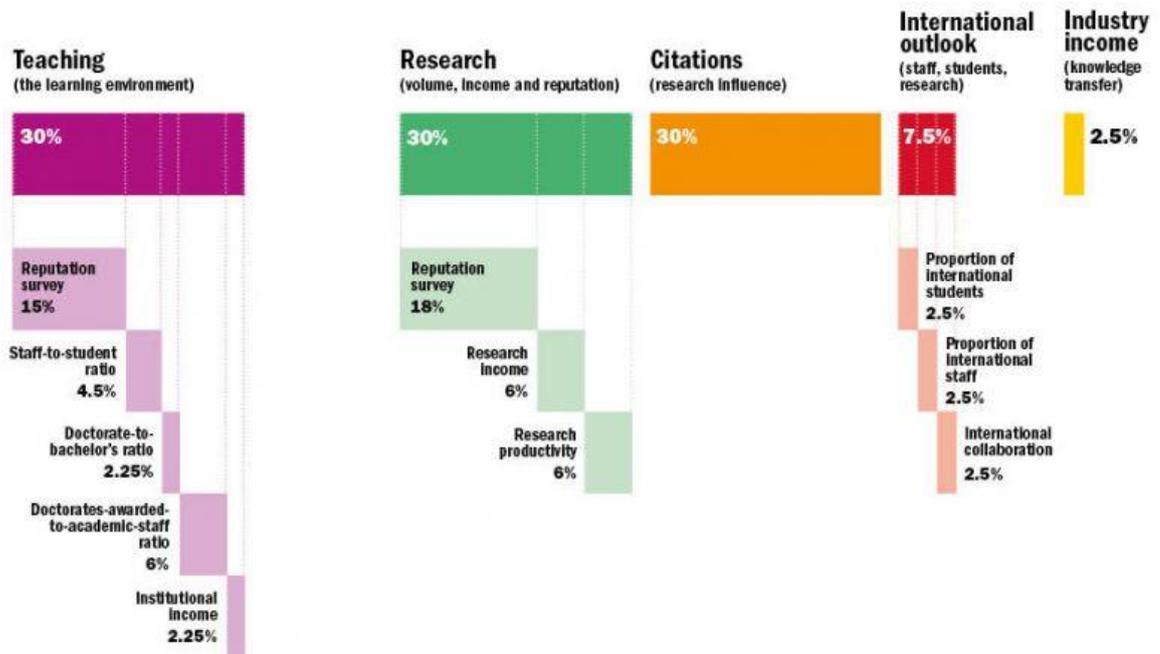


Figura 1.2 Indicatori del Times Higher Education World University Ranking ([timeshighereducation.com](https://www.timeshighereducation.com))

1.2.1. Area Didattica

Analizza l'ambiente di apprendimento ed è composta da 5 indicatori con un peso complessivo pari al 30%.

- Sondaggio sulla reputazione: 15%

Il più recente sondaggio sulla reputazione accademica (condotto annualmente) che è alla base di questa categoria è stato condotto tra novembre 2020 e febbraio 2021. Questa metrica esamina il prestigio percepito delle istituzioni nell'insegnamento. Viene calcolata come il numero totale di voti per l'insegnamento globale da parte degli intervistati al sondaggio sulla reputazione negli ultimi due anni. Tale valore è ponderato per materia e paese per essere rappresentativo della distribuzione degli

accademici a livello globale. Solo i valori diversi da zero sono standardizzati utilizzando una funzione logaritmica e le università che non hanno ricevuto voti ottengono un valore pari a zero per questa metrica. I dati del 2021 vengono combinati con i risultati del sondaggio del 2020, fornendo oltre 22.000 risposte.

I successivi tre indicatori danno un'idea di quanto un'istituzione sia impegnata a sostenere la prossima generazione di accademici.

- Rapporto personale accademico/studente: 4.5%

Il rapporto tra personale accademico e studenti è definito come il numero totale di personale equivalente a tempo pieno (FTE) impiegato in un ambiente accademico diviso il numero di studenti (ETP) iscritti a tutti i programmi che portano a una laurea, a un certificato, a un credito universitario o ad un'altra qualificazione. Questa variabile viene normalizzata dopo il calcolo.

$$\text{Rapporto personale accademico/studente} = \frac{FTE}{ETP}$$

Ad esempio, dati 25000 studenti iscritti e 2000 docenti si ottiene il Rapporto personale-studenti: $2000/25000 = 0.08$.

- Rapporto tra dottorati e lauree conseguite: 2.25%

Questo indicatore raccoglie due set di dati:

- ✓ Il numero totale di dottorati conferiti da un'istituzione che corrisponde al numero di studenti di ricerca post-laurea.
- ✓ Il numero totale di titoli di studio rilasciati.

Dunque, il Rapporto tra dottorati e lauree conseguiti è definito come:

$$\frac{\text{numero totale di dottorati rilasciati}}{\text{numero totale di titoli di studio rilasciati}}$$

È un indicatore che valuta la percentuale di studenti di ricerca post-laurea.

- Rapporto tra dottorati conferiti e personale accademico: 6%

Questa metrica è generata dividendo il numero totale di dottorati conferiti da un'istituzione ponderati per materia per il numero totale di personale accademico all'interno di un'istituzione anch'esso ponderato per materia. Questo indicatore è normalizzato per tenere conto del mix di materie unico di un'università, riflettendo che il volume dei premi di dottorato varia a seconda della disciplina. Un'elevata percentuale suggerisce anche l'erogazione di un insegnamento al più alto livello che sia quindi attraente per i laureati ed efficace nello svilupparli.

$$\frac{\textit{numero totale di dottorati conferiti}}{\textit{numero totale di personale accademico}}$$

Siano, ad esempio, 50 i dottorati conferiti in un anno da una università e 1000 il personale accademico. Il valore pari al 5% indica il rapporto tra dottorati conferiti e personale accademico.

- Reddito istituzionale: 2.25%

Il reddito istituzionale viene generato dividendo il reddito istituzionale corretto per la parità del potere d'acquisto (PPP) per il numero totale del personale accademico. Indica lo stato generale di un'istituzione e dà un'idea generale delle infrastrutture e delle strutture a disposizione degli studenti e del personale.

1.2.2. Area Ricerca

Analizza il volume, il reddito e la reputazione nell'ambito della ricerca con un peso totale del 30%.

- Sondaggio sulla reputazione: 18%

L'indicatore più importante in questa categoria esamina la reputazione di un'università per l'eccellenza nella ricerca tra i suoi pari, sulla base delle risposte ad un sondaggio annuale sulla reputazione accademica. La più recente indagine sulla reputazione accademica (condotta annualmente) che sostiene questa categoria è stata conseguita tra novembre 2020 e gennaio 2021. Questa metrica è calcolata come il numero totale di voti per la ricerca globale ottenuti dagli intervistati al sondaggio

sulla reputazione negli ultimi due anni. Il valore è poi ponderato per argomento e paese per essere rappresentativo della distribuzione di accademici a livello globale. Solo i valori diversi da zero vengono standardizzati utilizzando una funzione logaritmica e le università che non hanno ricevuto voti ottengono zero per questa metrica.

- Reddito di ricerca: 6%

Il reddito di ricerca è dato dal rapporto tra il reddito totale di ricerca ponderato per materia corretto per la parità del potere d'acquisto (PPP), per il numero totale di personale accademico ponderato per materia. Questo è un indicatore controverso perché può essere influenzato dalla politica nazionale e dalle circostanze economiche. Ma il reddito è cruciale per lo sviluppo della ricerca di livello mondiale e, poiché gran parte di esso è soggetto a concorrenza e giudicato da peer review, gli esperti hanno suggerito che si trattava di una misura valida. Questo indicatore tiene conto del profilo disciplinare distinto di ciascuna istituzione, riflettendo il fatto che le borse di ricerca nelle materie scientifiche sono spesso maggiori di quelle assegnate per la ricerca di scienze sociali, artistiche e umanistiche di altissima qualità.

- Produttività della ricerca: 6%

Per misurare la produttività si contano:

- ✓ il numero totale di articoli pubblicati nelle riviste accademiche indicizzate dal database Scopus di Elsevier per studioso
- ✓ il numero totale del personale (FTE) sia di ricerca sia accademico ponderato per materia.

Dal rapporto tra i due valori si ottiene la produttività della ricerca:

$$\text{Produttività della ricerca} = \frac{\text{numero totali di articoli pubblicati}}{\text{numero totale del personale}}$$

L'indicatore dà un'idea della capacità di un'istituzione di ottenere articoli pubblicati in riviste di qualità sottoposte a revisione paritaria.

1.2.3. Area Citazioni

L'indicatore di influenza della ricerca esamina il ruolo delle università nella diffusione di nuove conoscenze e idee con un peso pari al 30%.

Per misurare l'influenza della ricerca si contano il numero medio di volte in cui il lavoro pubblicato da un'università viene citato dagli studiosi a livello globale. Quest'anno, il fornitore di dati bibliometrici Elsevier ha esaminato più di 86 milioni di citazioni per 13,6 milioni di articoli di riviste, recensioni di articoli, atti di conferenze, libri e capitoli di libri pubblicati in cinque anni. I dati includono più di 24.000 riviste accademiche indicizzate dal database Scopus di Elsevier e tutte le pubblicazioni indicizzate tra il 2016 e il 2020. Vengono raccolte anche le citazioni di queste pubblicazioni fatte nei sei anni dal 2016 al 2021.

Le citazioni aiutano a mostrarci quanto ogni università stia contribuendo alla somma della conoscenza umana: quanto la ricerca si è distinta, è stata ripresa e sviluppata da altri studiosi e, soprattutto, è stata condivisa con gli studiosi globali per espandere i confini della nostra comprensione, indipendentemente dalla disciplina.

I dati sono normalizzati per riflettere le variazioni nel volume delle citazioni tra le diverse aree tematiche. Ciò significa che le istituzioni con livelli elevati di attività di ricerca in soggetti con un numero di citazioni tradizionalmente elevato non ottengono un vantaggio ingiusto.

1.2.4. Area Prospettive internazionali

Valuta il personale, gli studenti e la ricerca con un peso complessivo del 7.5%.

- Proporzione di studenti internazionali: 2.5%
- Proporzione del personale accademico internazionale: 2.5%
- Collaborazione internazionale: 2.5%

La capacità di un'università di attrarre studenti universitari, laureati e docenti da tutto il pianeta è la chiave del suo successo sulla scena mondiale.

Il primo indicatore valuta la proporzione di studenti internazionali dato dal rapporto tra il numero di studenti internazionali e il numero totale di studenti iscritti in un'università. Ad

esempio, 5000 studenti internazionali su 22000 studenti iscritti indicano una proporzione di studenti internazionali pari al 22.7%.

Il secondo indicatore individua la proporzione di personale internazionale con un peso del 2.5%, analogo all'indicatore precedente. Semplicemente rapportando il numero di personale internazionale al numero totale di personale docente in un'università si ottiene l'indicatore desiderato.

Infine, il terzo indicatore internazionale valuta la collaborazione internazionale calcolando la proporzione del totale delle pubblicazioni rilevanti di un'università che hanno almeno un coautore internazionale e premiano i volumi più alti.

$$\textit{Collaborazione internazionale} = \frac{\textit{Pubblicazioni internazionali}}{\textit{Totale pubblicazioni}}$$

Questo indicatore è normalizzato per tenere conto del mix di materie di un'università e utilizza la stessa finestra quinquennale dell'area Citazioni.

1.2.5. Area Reddito industriale

La capacità di un'università di aiutare l'industria con innovazioni, invenzioni e consulenza è diventata una missione fondamentale dell'accademia globale contemporanea. L'indicatore, con un peso del 2.5%, cerca di catturare tale attività di trasferimento delle conoscenze esaminando quanto reddito di ricerca un'istituzione guadagna dall'industria (aggiustato per PPP), rapportato al numero di personale accademico FTE che impiega.

$$\textit{Reddito industriale} = \frac{\textit{Reddito di ricerca da industria e commercio}}{\textit{FTE}}$$

Il valore che si ottiene suggerisce la misura in cui le imprese sono disposte a pagare per la ricerca e la capacità di un'università di attrarre finanziamenti nel mercato commerciale: indicatori utili di qualità istituzionale.

1.2.6. Raccolta dati e risultato finale

1) Esclusioni

Le università possono essere escluse dal THE World University Rankings se non insegnano a studenti universitari o se il loro prodotto di ricerca è stato inferiore a 1.000 pubblicazioni rilevanti tra il 2016 e il 2020 (con un minimo di 150 all'anno). Le università possono anche essere escluse se l'80% o più della loro produzione di ricerca riguarda esclusivamente una delle 11 discipline.

2) Raccolta dati

Le istituzioni forniscono e firmano i propri dati istituzionali da utilizzare nelle classifiche. Nelle rare occasioni in cui un particolare punto dati non viene fornito, si inserisce una stima conservativa per la metrica interessata. In questo modo si evita di penalizzare un'istituzione troppo duramente con un valore "zero" per i dati che trascura o non fornisce.

3) Conteggio e risultato finale

Passare da una serie di dati specifici a indicatori e, infine, a un punteggio totale per un'istituzione, richiede di abbinare valori che rappresentano dati fondamentalmente diversi. Per fare ciò, si utilizza un approccio di standardizzazione per ogni indicatore, combinando gli indicatori nelle proporzioni sopra indicate.

L'approccio di standardizzazione si basa sulla distribuzione dei dati all'interno di un particolare indicatore, dove si calcola una funzione di probabilità cumulativa e si valuta dove si trova l'indicatore di una particolare istituzione all'interno di quella funzione.

Per tutti gli indicatori ad eccezione del sondaggio sulla reputazione accademica, si calcola la funzione di probabilità cumulativa utilizzando una versione dello Z-score. La distribuzione dei dati nel sondaggio sulla reputazione accademica richiede l'aggiunta di una componente esponenziale.

Infine, i punteggi per ogni università sono determinati ponderando gli indicatori di performance e i ranking finali sono calcolati sulla base delle ripartizioni percentuali dei vari indicatori.

Per il quarto anno consecutivo l'università di Oxford guida la classifica del THE 2020 al primo posto presentando un punteggio complessivo pari a 95.4. Tale valore è ottenuto

sommando i vari indicatori appartenenti alle 5 aree sopra analizzate e ponderati in base al peso percentuale:

- Didattica (30%) = 90.5
- Ricerca (30%) = 99.6
- Citazioni (30%) = 98.4
- Prospettive internazionali (7.5%) = 96.4
- Reddito industriale (2.5%) = 65.5.

1.3. Academic Ranking of World Universities

La Academic Ranking of World Universities o ARWU è una classifica redatta dall'Università Jiao Tong di Shanghai per valutare i principali istituti di educazione terziaria nel mondo (in Asia, America, Europa e Oceania).

La classifica è una delle tre maggiormente note al mondo, insieme con la QS World University Rankings e la Times Higher Education World University Rankings. Tuttavia, vi sono state anche critiche a causa di una maggiore attenzione delle scienze naturali rispetto alle scienze sociali e alle scienze umane, e per il mancato inserimento tra i criteri di valutazione di alcuni riconoscimenti come il Turing Award e la Bruce Gold Medal.

Dopo le prime 100 università, sebbene sia possibile calcolare la posizione effettiva per mezzo dei dati forniti, gli atenei successivi sono riportati in gruppi di 50 ed elencati in semplice ordine alfabetico. In Figura 1.3 la classifica ARWU per l'anno 2020. Tuttavia, alcuni mezzi di comunicazione hanno erroneamente interpretato questo ordinamento alfabetico come un ordinamento basato sulla qualità, riportando classifiche errate (shanghairanking.com).

World Rank	Institution
1	 Harvard University
2	 Stanford University
3	 University of Cambridge
4	 Massachusetts Institute of Technology (MIT)
5	 University of California, Berkeley
	[...]
97	 KU Leuven
98	 McMaster University
99	 Université Grenoble Alpes
100	 Fudan University
101-150	 Aix Marseille University
101-150	 Arizona State University
101-150	 Brown University

Figura 1.3 Classifica ARWU, anno 2020 (shanghairanking.com)

Metodologia:

- Selezione delle università

ARWU considera ogni università che ha premi Nobel, medaglie Fields, ricercatori altamente citati o articoli pubblicati su Nature and Science. Inoltre, sono incluse anche le università con una quantità significativa di documenti indicizzati da Science Citation Index-Expanded (SCIE) e Social Science Citation Index (SSCI). In totale, più di 2000 università sono attualmente classificate e le migliori 1000 sono pubblicate sul web.

- Criteri e pesi di posizionamento

La classifica compara 2000 istituzioni accademiche sulla base di sei indicatori oggettivi ai quali attribuisce un valore percentuale (Figura 1.4). Le università sono classificate in base a diversi indicatori delle prestazioni accademiche o di ricerca, tra cui alunni e personale vincitori di premi Nobel e medaglie Fields, ricercatori altamente citati, articoli pubblicati su Nature and Science, articoli indicizzati nei principali indici di citazione e performance accademiche pro capite di un'istituzione.

Criteri	Indicatore	Codice	Peso
Qualità dell'istruzione	Alunni di un'istituzione vincitrice di premi Nobel e medaglie Fields	Alumni	10%
Qualità della Facoltà	Personale di un'istituzione vincitrice di premi Nobel e medaglie Fields	Premio	20%
	Ricercatori altamente citati in 21 ampie categorie di discipline	HiCi	20%
Risultato della ricerca	Articoli pubblicati su Nature and Science	N&S	20%
	Articoli indicizzati in Science Citation Index-Expanded e Social Science Citation Index	PUB	20%
Performance pro capite	Performance accademica pro capite di un'istituzione	PCP	10%
Totale			100%

Figura 1.4 Indicatori e pesi per ARWU

I punteggi per ogni indicatore sono ponderati come mostrato per arrivare a un punteggio complessivo finale per ogni istituzione. Per ogni indicatore, all'università con il punteggio più alto viene assegnato un punteggio di 100 e le altre università vengono calcolate come percentuale del punteggio più alto. La distribuzione dei dati per ciascun indicatore viene esaminata per eventuali effetti distorsivi significativi; se necessario, vengono utilizzate tecniche statistiche standard per aggiustare l'indicatore. Il grado di un'istituzione riflette il numero di istituzioni che si trovano al di sopra di esso.

Ad esempio, la classifica ARWU 2019 riporta al 1° posto l'Harvard University con un punteggio complessivo finale pari a 100, anche se sommando i punteggi ponderati dei 6 indicatori il valore che si ottiene è più basso: $((100 * 10\%) + (100 * 20\%) + (100 * 20\%) + (100 * 20\%) + (100 * 20\%) + (78.2 * 10\%)) = 97.82$. Poiché si tratta dell'università con il punteggio più alto il valore è impostato a 100.

Al secondo posto si classifica la Stanford University con un punteggio pari a 75.1. Analizzando i valori di ogni indicatore:

- Alumni (10%) = 45.2
- Premio (20%) = 88.5
- HiCi (20%) = 73.3
- N&S (20%) = 79.2
- PUB (20%) = 76.6
- PCP (10%) = 53.8

il punteggio complessivo che si ottiene è 73.42 ma calcolando il punteggio come percentuale della Harvard University il valore aumenta di 1.68 punti: $\frac{(73.42 * 100)}{97.82} = 75.1$.

1.3.1. Indicatore Alumni

È definito come il numero totale di alunni di un'istituzione che ha vinto premi Nobel e medaglie Fields. Gli alunni sono definiti come coloro che ottengono una laurea, un master o un dottorato presso l'istituto. Diversi pesi vengono impostati in base ai periodi di ottenimento dei premi. Il peso è del 100% per gli ex alunni che hanno conseguito la laurea nel 2001-2010, del 90% per gli alunni che hanno conseguito la laurea nel 1991-2000, dell'80% per gli alunni che hanno conseguito la laurea nel 1981-1990 e così via, e infine del 10% per gli

alunni che hanno conseguito la laurea nel 1911 -1920. Se una persona ottiene più di una laurea da un'istituzione, quest'ultima viene considerata una sola volta.

Nel 2021, la Massachusetts Institute of Technology presenta 27 alunni vincitori del premio Nobel e 2 della medaglia Fields. Sommando i due dati è possibile ottenere facilmente l'indicatore Alumni che avrà un valore pari a 29.

1.3.2. Indicatore Premio

Conta il numero totale del personale di un'istituzione che ha vinto i premi Nobel per la fisica, la chimica, la medicina e l'economia e la medaglia di campo in matematica. Per personale si intendono coloro che lavorano presso un'istituzione al momento della vincita del premio. Vengono stabiliti pesi diversi in base ai periodi di vincita dei premi. Il peso è del 100% per i vincitori dopo il 2011, del 90% per i vincitori nel 2001-2010, dell'80% per i vincitori nel 1991-2000, del 70% per i vincitori nel 1981-1990 e così via, e infine del 10% per i vincitori nel 1921-1930. Se un vincitore è affiliato a più di un'istituzione, a ciascuna istituzione viene assegnato il reciproco del numero di istituzioni. Per i premi Nobel, se un premio è condiviso da più persone, i pesi vengono fissati per i vincitori in base alla loro percentuale del premio. Ad esempio, l'Harvard University conta un numero di personale vincitore dei premi Nobel pari a 66. Poiché si tratta di premi vinti nel 2021 il peso è del 100% e quindi l'indicatore Premio ha un valore di 66.

1.2.3. Indicatore HiCi

L'HiCi è dato dal numero di ricercatori altamente citati selezionati da Clarivate Analytics. Per il calcolo dell'indicatore HiCi nell'ARWU 2020 è stato utilizzato l'elenco dei ricercatori altamente citati pubblicato a dicembre 2019 (elenco HCR 2019 al 1° dicembre 2019). Vengono considerate solo le affiliazioni primarie dei ricercatori altamente citati.

1.3.4. Indicatore N&S

Conta il numero totale di articoli pubblicati su Nature and Science tra il 2011 e il 2015. Per distinguere l'ordine di affiliazione dell'autore, viene assegnato un peso del 100% per

l'affiliazione dell'autore corrispondente, del 50% per l'affiliazione del primo autore (affiliazione del secondo autore se l'affiliazione del primo autore è lo stesso dell'affiliazione dell'autore corrispondente), il 25% per l'affiliazione dell'autore successivo e il 10% per le altre affiliazioni dell'autore. Vengono prese in considerazione solo le pubblicazioni di tipo "Articolo".

1.3.5. Indicatore PUB

È definito come il numero totale di articoli indicizzati in Science Citation Index-Expanded e Social Science Citation Index nel 2019. Vengono prese in considerazione solo le pubblicazioni di tipo "Articolo". Quando si calcola il numero totale di documenti di un'istituzione, è stato introdotto un peso speciale di due per i documenti indicizzati in Social Science Citation Index.

1.3.6. Indicatore PCP

L'indicatore PCP somma i punteggi ponderati dei cinque indicatori di cui sopra rapportati al numero di personale accademico equivalente a tempo pieno (FTE).

$$PCP = \frac{Alumni + Premio + HiCi + N\&S + PUB}{FTE}$$

Il numero di dati del personale accademico è ottenuto da agenzie nazionali come il Ministero dell'Istruzione nazionale, l'Ufficio nazionale di statistica, l'Associazione nazionale delle università e dei collegi, la Conferenza nazionale del rettore. Se non è possibile ottenere il numero di personale accademico per le istituzioni di un paese, vengono utilizzati i punteggi ponderati dei cinque indicatori di cui sopra. Per ARWU 2020, il numero di personale accademico equivalente a tempo pieno è ottenuto per istituzioni in USA, Regno Unito, Francia, Canada, Giappone, Italia, Australia, Paesi Bassi, Svezia, Svizzera, Belgio, Corea del Sud, Repubblica Ceca, Slovenia, Nuova Zelanda ecc.

1.4 Analisi Comparata dei vari Ranking

Al fine di mettere in luce eventuali allineamenti e disallineamenti tra gli indicatori di performance adottati nelle varie classifiche, sono stati individuati quattro criteri principali che permettono di raggruppare e confrontare indicatori simili tra di loro. Inoltre, è necessario segnalare che alcuni indicatori specifici di determinate classifiche sono stati raggruppati in un unico criterio chiamato ‘Miscellaneous topic’ a causa dell’impossibilità di effettuarne il confronto con gli altri indicatori. La Tabella 1.5 illustra la ripartizione degli indicatori utilizzati nei tre ranking a seconda dei criteri individuati.

Tabella 1.5 - Ripartizione degli indicatori sui quattro criteri

<u>Criteri</u>	QS	THE	ARWU
DIDATTICA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reputazione accademica 40% ▪ Rapporto studenti di facoltà 20% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sondaggio sulla reputazione 15% ▪ Rapporto personale accademico/studenti 4,5% ▪ Rapporto dottorati/lauratee conseguite 2,25% ▪ Rapporto tra dottorati conferiti e personale accademico 6% ▪ Reddito istituzionale 2,25% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alunni (10%) e personale (20%) di un’istituzione vincitrice di premi Nobel e medaglie Fields ▪ Ricercatori altamente citati 20%

RICERCA	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Citazioni per facoltà 20% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sondaggio sulla reputazione 18% ▪ Reddito di ricerca 6% ▪ Produttività della ricerca 6% ▪ Citazioni 30% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Articoli pubblicati su N&S 20% ▪ Articoli indicizzati in Science Citation Index-Expand e Social Science Citation Index 20%
INTER-NAZIONALIZZAZIONE	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proporzione di studenti internazionali 5% ▪ Proporzione di docenti internazionali 5% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proporzione di studenti internazionali 2,5% ▪ Proporzione di personale internazionale e 2,5% ▪ Collaborazione internazionale e 2,5% 	
MISCELLANEOUS TOPIC	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reputazione dei datori di lavoro 10% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reddito industriale 2,5% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Performance accademica 10%

Per ogni criterio individuato, si effettua un'analisi dei pesi al fine di mettere in luce congruenze ed eventuali scostamenti tra i vari indicatori di performance adottati dalle classifiche QS, THE e ARWU. La Tabella 1.6 mostra gli indicatori presenti nel criterio

“Didattica”, la Tabella 1.7 per il criterio “Ricerca” ed infine, l’”Internazionalizzazione” nella Tabella 1.8.

➤ **Didattica:** qualità dell’istruzione e della facoltà

Tabella 1.6 - Indicatori per la Didattica

QS - 60%	THE – 30%	ARWU – 30%
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reputazione accademica 40% ▪ Rapporto studenti di facoltà 20% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sondaggio sulla reputazione 15% ▪ Rapporto personale accademico/studenti 4,5% ▪ Rapporto dottorato/lauree conseguite 2,25% ▪ Rapporto tra dottorati conferiti e personale accademico 6% ▪ Reddito istituzionale 2,25% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Alunni (10%) e personale (20%) di un’istituzione vincitrice di premi Nobel e medaglie Fields

Il prestigio e la qualità dell’istruzione hanno un peso particolarmente rilevante nella classifica QS pari al 60% del punteggio totale. È importante sottolineare come gran parte del punteggio è dato dalla reputazione accademica: utilizzando una combinazione di mailing list, questo sondaggio chiede agli accademici attivi di tutto il mondo informazioni sulle migliori università nei loro campi di specializzazione. A ciò si aggiunge un secondo indicatore che conteggia il numero di studenti e lo rapporta al numero di docenti: più personale accademico per studente significa più risorse per l’insegnamento, la supervisione, il lavoro di laboratorio, la valutazione e il supporto pastorale.

Un sondaggio molto simile è utilizzato anche nella classifica THE attraverso il quale viene esaminato il prestigio percepito delle istituzioni nell’insegnamento e nella ricerca. Tale indicatore però ha un peso in percentuale molto più basso rispetto alla classifica QS. Inoltre, sono presenti nuovi indicatori che tengono conto del volume dei premi di dottorato e dello

stato generale di un istituto in relazione alle infrastrutture e alle strutture a disposizione degli studenti e del personale (reddito istituzionale).

La classifica ARWU si discosta dagli indicatori utilizzati dalle precedenti classifiche nello stimare e individuare la qualità della didattica e della facoltà. Infatti, ARWU non si basa su sondaggi e consegne scolastiche ma fa affidamento esclusivamente su indicatori di ricerca. Pertanto, la classifica adotta due indicatori che valutano e classificano le facoltà in relazione al numero di studenti e personale accademico che ha vinto premi Nobel e medaglie Fields.

➤ **Ricerca:** performance e risultato della ricerca

Tabella 1.7 - Indicatori per la Ricerca

QS – 20%	THE – 60%	ARWU – 60%
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Citazioni per facoltà 20% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sondaggio sulla reputazione 18% ▪ Reddito di ricerca 6% ▪ Produttività della ricerca 6% ▪ Citazioni 30% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Articoli pubblicati su N&S 20% ▪ Articoli indicizzati in Science Citation Index-Expand e Social Science Citation Index 20% ▪ Ricercatori altamente citati 20%

Si nota come le classifiche THE e ARWU rimangono ancora una volta allineate in termini di peso assegnato al criterio Ricerca, presentando una ponderazione pari al 60%. È noto, infatti, che la classifica ARWU attua una metodologia orientata alla ricerca ed è la classifica più utilizzata dalle università di ricerca del mondo, offrendo un'importante visione comparativa delle prestazioni e della reputazione della ricerca. D'altro canto, è importante sottolineare che le metriche utilizzate non sono indipendenti dalle dimensioni dell'università. Il numero di articoli pubblicati è calcolato senza considerare il numero totale del personale accademico di un'università e indipendentemente dalla qualità della ricerca ottenendo un punteggio più alto ma senza alcun cambiamento di qualità. Pertanto, un'università di grandi dimensioni in termini di personale accademico è classificata notevolmente più in alto di un'università di piccole dimensioni con la stessa qualità di ricerca.

Anche la classifica THE considera le citazioni e il numero di pubblicazioni (produttività della ricerca), ma questi sono calcolati in rapporto al numero totale di personale accademico e normalizzati per argomento. I dati sono normalizzati per riflettere le variazioni nel volume delle citazioni e degli articoli pubblicati tra le diverse aree tematiche. Ciò significa che le istituzioni con livelli elevati di attività di ricerca non ottengono un vantaggio scorretto. Le classifiche Times Higher Education sono uniche perché sono l'unico sistema ad assegnare un punteggio alle università focalizzate sulla ricerca in tutte le loro missioni principali: ricerca, prospettiva internazionale, trasferimento di conoscenze e insegnamento. Il personale viene intervistato per condividere le proprie esperienze e opinioni, che vengono combinate con analisi quantitative basate sui dati di ricerca per costruire la classifica. Dunque, i set di dati forniti dal personale accademico sono accuratamente mappati per nome e ID dell'università e combinati con i dati bibliometrici a livello di istituzione e di indagine sulla reputazione ottenuti da Elsevier e utilizzati nel calcolo delle classifiche.

➤ **Internazionalizzazione:**

Tabella 1.8 – Indicatori per l'Internazionalizzazione

QS – 10%	THE - 7,5%	ARWU – 0%
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proporzione di studenti internazionali 5% ▪ Proporzione di docenti internazionali 5% 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proporzione di studenti internazionali 2,5% ▪ Proporzione di personale internazionale 2,5% ▪ Collaborazione internazionale 2,5% 	

Ultimo criterio individuato fa riferimento alle prospettive internazionale e alla capacità di un'università di attrarre studenti universitari, laureati e docenti da tutto il pianeta per ottenere successo sulla scena mondiale.

A tal fine entrambe le classifiche QS e THE adottano due indici basati sulla percentuale di studenti internazionali e di personale internazionale di ciascuna istituzione, assegnando però un peso differente. Inoltre, la classifica THE considera un terzo indicatore internazionale che

calcola la percentuale di documenti di ricerca pubblicati da ciascuna istituzione che hanno almeno un coautore internazionale.

Diversamente accade per la classifica ARWU poiché essendo prettamente orientata alla ricerca, non permette di individuare un fattore che possa ricadere all'interno del criterio analizzato.

2. Analisi preliminare dei ranking “Engineering & Technology”

Il secondo capitolo è dedicato all’analisi dei ranking per facoltà focalizzando l’attenzione sui tre ranking QS, THE e ARWU per l’area “Engineering & Technology” dall’anno 2017 all’anno 2020. Questo capitolo mostra e commenta i diversi indicatori di performance utilizzati dalle tre classifiche di riferimento, individuando per ognuna quali università ricoprono le prime posizioni.

Nell’analisi delle classifiche, spesso due o più università si collocano nella medesima posizione. La seconda parte del capitolo fa riferimento alle due metodologie utilizzate per gestire tale posizionamento a pari merito delle università all’interno dei ranking.

Infine, date le tre classifiche per i quattro anni in esame, si prosegue con l’individuazione e l’estrazione del campione delle università. Punto di partenza dell’intera analisi è l’estrazione di un campione con numerosità pari a 10 e, in seguito, un campione di 100 università con l’obiettivo di confrontare i risultati ed ottenere un’analisi più approfondita e dettagliata.

2.1. I Ranking per Facoltà “Engineering & Technology”

2.1.1. QS World University Rankings by Subject

Le classifiche QS World University per Facoltà coprono un totale di 51 discipline, raggruppate in cinque ampie aree disciplinari: arti e discipline umanistiche, ingegneria e tecnologia, scienze della vita e medicina, scienze naturali, scienze sociali e gestione (topuniversities.com/subject-rankings).

Le classifiche per facoltà vengono compilate ogni anno per aiutare i potenziali studenti a identificare le università leader in una determinata disciplina. Ciascuna delle classifiche sono compilate utilizzando quattro fonti. I primi due di questi sono i sondaggi globali di QS su accademici e datori di lavoro, utilizzati per valutare la reputazione internazionale delle istituzioni in ciascuna materia. I secondi due indicatori valutano l’impatto della ricerca, sulla

base delle citazioni della ricerca per articolo e dell'indice H nell'argomento in questione. Poiché le culture di ricerca e i tassi di pubblicazione variano in modo significativo tra le discipline accademiche, il QS World University Rankings by Subject applica una diversa ponderazione degli indicatori di cui sopra in ciascuna disciplina.

Prendendo in esame l'area ingegneristica e tecnologica, i pesi assegnati ai quattro indicatori sono mostrati in Figura 2.1:

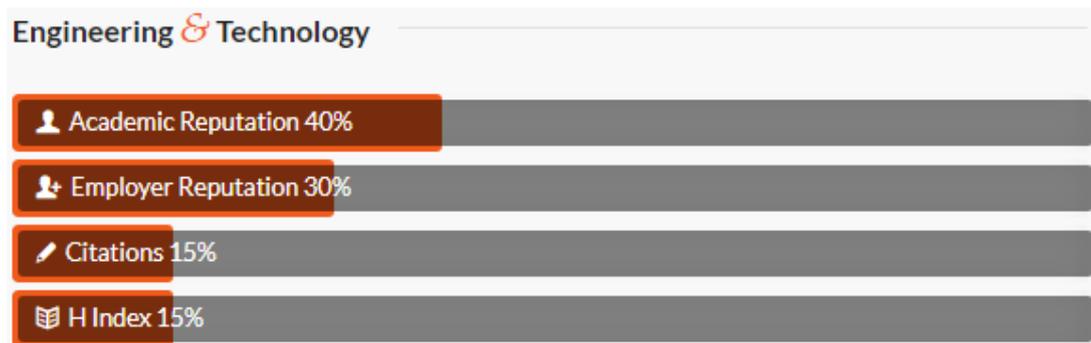


Figura 2.1 – Indicatori del QS Ranking “Engineering & Technology” (topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2021/engineering-technology)

Dunque, per classificare le università vengono utilizzati i risultati delle principali indagini globali su accademici al 40% e datori di lavoro al 30% e le citazioni delle ricerche mediante due indicatori, entrambi con un peso pari al 15%. Nel dettaglio analizziamo due degli indicatori poiché presentano delle differenze rispetto agli indicatori analizzati per il QS World University Ranking:

- *Citazioni*

Il QS World University Rankings by Subject misura le citazioni per articolo, piuttosto che le citazioni per membro della facoltà. Ciò è dovuto all'impossibilità di raccogliere in modo affidabile i numeri di facoltà suddivisi per disciplina per ciascuna istituzione. Per ogni argomento è fissata una soglia minima di pubblicazione per evitare potenziali anomalie derivanti da un numero limitato di articoli molto citati. Sia la soglia minima di pubblicazione che la ponderazione applicata all'indicatore delle citazioni sono adattati al fine di riflettere al meglio i modelli prevalenti di pubblicazione e citazione in una determinata disciplina. Tutti i dati sulle citazioni provengono da Scopus, che copre un periodo di cinque anni. Per l'area “Engineering & Technology” la soglia quinquennale per il numero di articoli pubblicati è calcolata facendo distinzione tra le 7 materie che la compongono:

- Informatica: 140

- Ingegneria chimica: 80
- Ingegneria civile: 40
- Ingegneria elettrica: 120
- Ingegneria meccanica: 90
- Ingegneria mineraria: 40
- Ingegneria petrolifera: 40

▪ *Indice H*

Si tratta di una metrica a livello di autore che misura sia la produttività che l'impatto delle citazioni delle pubblicazioni di uno scienziato o studioso. L'indice si basa sull'insieme dei lavori pubblicati da uno scienziato e sul numero di citazioni che ha ricevuto nelle pubblicazioni. L'indice può essere applicato anche alla produttività e all'impatto di una rivista scientifica così come un gruppo di scienziati, come un dipartimento, un'università o un paese, nonché una rivista accademica.

Ad esempio, se un autore ha pubblicato 4 lavori con un numero di citazioni riportate nel seguito:

- Pubblicazione A, citazioni 0
- Pubblicazione B, citazioni 3
- Pubblicazione C, citazioni 2
- Pubblicazione D, citazioni 3

Si hanno 8 citazioni su un totale di 4 pubblicazioni. Dunque, l'indice H sarà pari a 2 poiché uno scienziato possiede un indice H se H dei suoi n lavori hanno almeno H citazioni ciascuno e i rimanenti (n-H) lavori hanno ognuno al più H citazioni.

L'analisi H è ancora basata su un set di dati che può essere classificato solo per disciplina a livello di rivista, piuttosto che di articolo. Per bilanciare gli effetti di questo e concentrarsi sugli specialisti, vengono calcolati due indici H: uno per tutti i documenti che sono attribuibili a una data disciplina (h1), e una per i documenti che sono solo attribuibili a quella disciplina (h2). Questi vengono aggregati con il doppio peso dato a h2. I risultati vengono quindi scalati e normalizzati utilizzando gli stessi metodi applicati agli altri indicatori.

$$H = h1 + (2 * h2)$$

La Tabella 2.2 rappresenta le prime dieci università classificate nel QS World Ranking per l'area "Engineering & Technology per i quattro anni presi in considerazione:

Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020
Massachusetts Institute of Technology (MIT) Cambridge, United States			
Stanford University Stanford, United States	Stanford University Stanford, United States	Stanford University Stanford, United States	Stanford University- Stanford, United States
University of Cambridge Cambridge, United Kingdom	University of Cambridge Cambridge, United Kingdom	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland	University of Cambridge Cambridge, United Kingdom
ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland	University of Cambridge Cambridge, United Kingdom	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland
Nanyang Technological University, Singapore Singapore, Singapore	Nanyang Technological University, Singapore Singapore, Singapore	University of California, Berkeley Berkeley, United States	University of California, Berkeley Berkeley, United States
Imperial College London	Imperial College London	Nanyang Technological University, Singapore	University of Oxford

London, United Kingdom	London, United Kingdom	Singapore, Singapore	Oxford, United Kingdom
National University of Singapore Singapore, Singapore	National University of Singapore Singapore, Singapore	University of Oxford Oxford, United Kingdom	Imperial College London London, United Kingdom
The University of Tokyo Tokyo, Japan	The University of Tokyo Tokyo, Japan	Imperial College London London, United Kingdom	Nanyang Technological University, Singapore Singapore, Singapore
University of Oxford Oxford, United Kingdom	University of Oxford Oxford, United Kingdom	National University of Singapore Singapore, Singapore	Tsinghua University Beijing, China
Tsinghua University Beijing, China	Tsinghua University Beijing, China	Tsinghua University Beijing, China	National University of Singapore Singapore, Singapore

Tabella 2.2 – Classifica QS delle prime 10 università per gli anni dal 2017 al 2020 ([topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2021/engineering-technology](https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2021/engineering-technology))

2.1.2. Times Higher Education World University Subject Rankings

La classifica delle discipline di ingegneria del Times Higher Education World University Rankings include una gamma di aree tematiche più ristrette.

Evidenzia le università che sono leader nelle seguenti discipline:

- Ingegneria chimica
- Ingegneria civile
- Ingegneria elettrica ed elettronica

- Ingegneria generale
- Ingegneria meccanica e aerospaziale

E quindi le discipline sopra elencate sono quelle utilizzate per creare la classifica THE per Facoltà “Engineering & Technology” ([timeshighereducation.com/world-university-rankings-2022-subject-engineering-methodology](https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings-2022-subject-engineering-methodology)).

Per redigere la classifica si impiegano la stessa gamma di 13 indicatori di prestazione utilizzati nella classifica generale delle università mondiali, riuniti con punteggi forniti nelle cinque aree che ricoprono le attività essenziali di un’università. Tuttavia, la metodologia generale viene attentamente ricalibrata per ogni disciplina, con le ponderazioni modificate per adattarsi al meglio alle singole aree.

Le ponderazioni per la classifica ingegneristica sono le seguenti:

- *Didattica*: ambiente di apprendimento
30 %
- *Ricerca*: volume, reddito e reputazione
30 %
- *Citazioni*: influenza della ricerca
27.5 %
- *Prospettive internazionali*: personale, studenti e ricerca
7.5 %
- *Reddito industriale*: innovazione
5 %

Notiamo che il peso della misura per l’area Citazioni è ridotto dal 30% al 27.5%, poiché per l’ingegneria c’è meno fiducia nella forza delle sole citazioni come indicatore della ricerca eccellenza. Tale riduzione è controbilanciata dal Reddito Industriale che aumenta di 2.5 punti percentuali. Infatti, una delle caratteristiche chiave dell’ingegneria è la proposta di soluzioni e sistemi in termine di innovazioni, invenzioni e consulenza.

Inoltre, è necessario rispettare due criteri affinché un’istituzione possa essere inserita nella classifica THE per Facoltà: una soglia di pubblicazione da disciplina e un criterio di ammissibilità del personale accademico.

Per “Engineering & Technology”, la soglia è pari a 500 articoli pubblicati negli ultimi cinque anni e un’istituzione deve avere almeno il 4% di personale o un numero minimo di personale pari a 40 in questa disciplina per essere incluso nella graduatoria. Nella tabella seguente sono

riportate le università che rispecchiamo questi requisiti e si posizionano tra le prime dieci nella classifica (Tabella 2.3).

Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020
California Institute of Technology United States	Stanford University Stanford, United States	University of Oxford Oxford, United Kingdom	California Institute of Technology United States
Stanford University Stanford, United States	California Institute of Technology United States	Stanford University Stanford, United States	Stanford University Stanford, United States
University of Oxford Oxford, United Kingdom	University of Oxford Oxford, United Kingdom	Harvard University United States	University of Cambridge Cambridge, United Kingdom
Massachusetts Institute of Technology (MIT) Cambridge, United States	Massachusetts Institute of Technology (MIT) Cambridge, United States	California Institute of Technology United States	Harvard University United States
University of Cambridge Cambridge, United Kingdom	University of Cambridge Cambridge, United Kingdom	Massachusetts Institute of Technology (MIT) Cambridge, United States	University of Oxford Oxford, United Kingdom
Princeton University United States	Princeton University United States	University of Cambridge	Massachusetts Institute of Technology (MIT)

		Cambridge, United Kingdom	Cambridge, United States
Imperial College London London, United Kingdom	University of Pechino Cina	Princeton University United States	Princeton University United States
National University of Singapore Singapore, Singapore	National University of Singapore Singapore, Singapore	National University of Singapore Singapore, Singapore	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland
ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland	University of California, Los Angeles Los Angeles, United States
University of California, Berkeley Berkeley, United States	Imperial College London London, United Kingdom	Georgia Institute of Technology United States	Georgia Institute of Technology United States

Tabella 2.3 – Classifica THE delle prime 10 università per gli anni dal 2017 al 2020 ([timeshighereducation.com/world-university-rankings-2022-subject-engineering-methodology](https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings-2022-subject-engineering-methodology))

2.1.3. Global Ranking of Academic Subjects

Shanghai Ranking ha iniziato a pubblicare la classifica delle università mondiali per facoltà nel 2009 (shanghairanking.com/methodology/gras/2021). Gli istituti sono classificati in 54 discipline tra scienze naturali, ingegneria, scienze della vita, scienze mediche e scienze sociali. La classifica utilizza una serie di indicatori accademici oggettivi e dati di terze parti per misurare le prestazioni delle università mondiali nelle rispettive discipline, inclusi i risultati della ricerca (Q1), l'influenza della ricerca (CNCI), la collaborazione internazionale (IC), la qualità della ricerca (Top) e premi accademici internazionali (Award). Si nota che gli indicatori adottati nelle classifiche per facoltà sono diversi da quelli utilizzati nelle classifiche mondiali generali, ad eccezione dell'indicatore Award.

Per essere inserite in una graduatoria disciplinare, le università devono disporre di un numero minimo di pubblicazioni di ricerca nel periodo 2014-2018. La soglia di pubblicazione varia in base alla disciplina. I dati bibliometrici sono raccolti da Web of Science e InCites, e vengono considerati solo documenti di tipo "Articolo".

Ad esempio, per l'area "Computer science and engineering" il numero minimo di pubblicazioni è pari a 150 articoli pubblicati nel periodo quinquennale considerato.

Agli indicatori vengono assegnati i seguenti pesi, illustrati in Figura 2.4:



Figura 2.4 – Indicatori dell'Arwu per Computer Science & Engineering (shanghairanking.com/methodology/gras/2021)

Per ogni indicatore, le istituzioni vengono calcolate come percentuale dell'istituzione con il punteggio più alto e in seguito, la radice quadrata della percentuale viene moltiplicata per il peso assegnato. Si ottiene un punteggio finale per ciascuna istituzione, sommando i punteggi di tutti gli indicatori e il punteggio finale viene classificato in ordine decrescente. Tenendo in considerazione i quattro anni analizzati, la classifica per le prime 10 università riporta in prima posizione sempre la Massachusetts Institute of Technology (Tabella 2.5).

Ad esempio, per l'anno 2019 la MIT presenta un punteggio complessivo pari a 360.5 dato dalla somma dei punteggi dei 5 indicatori ponderati:

$$((72.4 * 100\%) + (79.5 * 100\%) + (70.6 + 20\%) + (94.5 * 100\%) + (100 * 100\%)) \\ = 360.5$$

Nel dettaglio sono riportati i cinque indicatori e a cosa fanno riferimento:

❖ *QI*

È il numero di articoli scritti da un'istituzione in una disciplina in riviste con Q1 Journal Impact Factor Quartile durante il periodo 2015-2019.

❖ *CNCI*

L'Impatto delle Citazioni Normali per Categoria è il rapporto tra le citazioni degli articoli pubblicati da un'istituzione in una disciplina nel periodo 2015-2019 e le citazioni medie degli articoli della stessa categoria, dello stesso anno e dello stesso tipo di pubblicazione di rivista. Nel calcolo del punteggio CNCI, il valore massimo di CNCI in una disciplina è fissato come il valore più basso tra:

- 1) il doppio del CNCI medio per tutte le istituzioni in questa disciplina;
- 2) o il massimo del CNCI per tutte le istituzioni in questa disciplina.

Il punteggio CNCI dell'università è calcolato come la proporzione del loro CNCI rispetto al valore massimo. Se il CNCI di un'istituzione è superiore al valore massimo, il suo punteggio CNCI viene assegnato a 100.

❖ *IC*

La collaborazione internazionale è un indicatore utilizzato per valutare il livello di collaborazione internazionale nella rispettiva disciplina tra istituzioni. È dato dal rapporto tra il numero di pubblicazioni che sono state trovate con almeno due paesi diversi negli indirizzi degli autori e il numero totale di pubblicazioni nella rispettiva disciplina per un'istituzione nel periodo 2015-2019.

$$IC = \frac{\text{numero di pubblicazioni internazionali}}{\text{numero di pubblicazioni totali}}$$

❖ *TOP*

Top è il numero di articoli pubblicati in Top Journals in una disciplina per un'istituzione nel periodo 2015-2019. Le riviste più importanti vengono identificate tramite il sondaggio sull'eccellenza accademica di Shanghai Ranking . Nel 2021, 164 principali riviste selezionate dal Survey sono utilizzate nelle classifiche di 48 materie accademiche. In Computer Science & Engineering, quest'anno vengono prese in considerazione anche 26 importanti conferenze selezionate.

❖ *AWARD*

Award si riferisce al numero totale del personale di un'istituzione che ha vinto un premio significativo in una disciplina dal 1981. Se un ricercatore è andato in pensione o si è ritirato al momento della vittoria del premio, si conta l'istituzione in cui si trovava l'ultima posizione accademica a tempo pieno del ricercatore. I riconoscimenti significativi in ogni disciplina vengono identificati tramite il sondaggio sull'eccellenza accademica di Shanghai Ranking. Se il premio viene assegnato a più di un vincitore in un anno, i pesi sono fissati per i vincitori in base alla loro proporzione del premio. Inoltre, sono fissati diversi pesi in base ai periodi di vincita dei premi, decrescenti del 25% ogni decade retrograda. Il peso è 100% per i vincitori nel 2011-2019, 75% per i vincitori nel 2001-2010, 50% per i vincitori nel 1991-2000, e 25% per i vincitori nel 1981-1990.

Anno 2017	Anno 2018	Anno 2019	Anno 2020
Massachusetts Institute of Technology (MIT) Cambridge, United States			
University of California, Berkeley Berkeley, United States	Stanford University Stanford, United States	Stanford University Stanford, United States	Stanford University Stanford, United States
Stanford University Stanford, United States	Carnegie Mellon University Pittsburgh, Pennsylvania	University of California, Berkeley Berkeley, United States	University of California, Berkeley Berkeley, United States

Harvard University United State	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland	Carnegie Mellon University Pittsburgh, Pennsylvania	Carnegie Mellon University Pittsburgh, Pennsylvania
Carnegie Mellon University Pittsburgh, Pennsylvania	University of California, Berkeley Berkeley, United States	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland	ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland
University of California, Los Angeles Los Angeles, United States	University of California, Los Angeles Los Angeles, United States	Harvard University United States	Harvard University United States
ETH Zurich - Swiss Federal Institute of Technology Zurich, Switzerland	Tsinghua University Beijing, China	Tsinghua University Beijing, China	Tsinghua University Beijing, China
Princeton University United States	Harvard University United States	University of California, Los Angeles Los Angeles, United States	Nanyang Technological University, Singapore Singapore, Singapore
University of Southern California United States	Nanyang Technological University, Singapore Singapore, Singapore	Princeton University United States	University of Toronto Toronto, Canda

Weizmann Institute of Science Rehovot, Israele	Princeton University United States	University of Oxford Oxford, United Kingdom	University of Oxford Oxford, United Kingdom
--	---	---	---

Tabella 2.5 – Classifica ARWU delle prime 10 università per gli anni dal 2017 al 2020 (shanghairanking.com/methodology/gras/2021)

2.2. Gestione posizioni di equivalenza

Nell’analisi della classifica, succede spesso che due o più università si collochino nella medesima posizione, occupando posizioni di equivalenza all’interno di un ordinamento. È dunque opportuno gestire tale posizionamento a “pari merito” e per farlo si è deciso di procedere secondo due metodi:

- Metodo 1

Assegna la medesima posizione alle università che si trovano a pari merito. Poiché tali università occupano almeno due posizioni, all’università successiva associamo il valore corrispondente alla posizione occupata.

Per chiarezza riportiamo un esempio: se le università A e B sono pari al 1° posto, assegniamo ad entrambi la posizione 1. Le due università occupano due posizioni quindi all’alternativa successiva C assegniamo il valore 3. Se le università a pari merito fossero state 3, avremmo assegnato la posizione 1 alle 3 alternative e all’università successiva assegniamo il valore 4 pari alla posizione occupata.

- Metodo 2

Anche il secondo metodo assegna la stessa posizione alle università a pari merito ma il valore è dato dalla somma delle posizioni occupate diviso 2. Invece per la gestione delle università successive si procede nel medesimo modo.

Se, ad esempio, A e B sono pari al 2° posto, assegniamo loro la posizione $(2+3)/2=2.5$ e all’università successiva C assegniamo il valore 4. Se le università A, B e C sono pari al 2° posto, assegniamo loro la posizione $(2+3+4)/3=3$ e all’università successiva D assegniamo il valore pari alla posizione occupata, ovvero 5.

L'intero lavoro di tesi è stato sviluppato prendendo in considerazione entrambe le regole. È opportuno sottolineare che di default abbiamo operato secondo il Metodo 1. In seguito, ogni analisi è stata realizzata anche applicando il secondo metodo.

Fatta eccezione per il calcolo del coefficiente W di Kendall per il quale non è possibile applicare il primo metodo di gestione delle posizioni di equivalenza. Il motivo è legato al fatto che il coefficiente è costruito in maniera tale che i calcoli effettuati garantiscano una somma dei ranking costante, cioè la somma delle posizioni occupate dalle università sia sempre la stessa lungo i vari ranking considerati.

2.3. Modalità di analisi del campione

2.3.1. Campione di 10 università

Per ottenere il campione, abbiamo operato mediante tre metodologie che hanno portato a risultati differenti. Sulla base di questi si è deciso di adottarne uno ed utilizzare esclusivamente quest'ultimo per lo sviluppo del lavoro successivo.

Per completezza si riportano tutte e tre le metodologie e il criterio secondo il quale sono state costruite.

Punto di partenza delle prime due metodologie è una tabella estrapolata dall'articolo *Comparing university rankings* pubblicato nella rivista *Scientometrics* (Aguillo et alii, 2010) che riporta tutte le università che sono state classificate tra le prime dieci per le classifiche THE-QS, ARWU, WR e HEEACT negli anni 2005, 2006, 2007 e 2008. Tra le università presentate in ordine alfabetico nella tabella, sono state prese in considerazione le prime dieci e sono state confrontate con i ranking QS, THE e ARWU in modo diverso.

1. Il primo metodo prende in considerazione il campione di 10 università ed effettua un confronto tra le prime 10 università presenti nei ranking QS, THE e ARWU, nei quattro anni esaminati. Dunque, fissato il campione di 10 università, assegna ad ogni università tre ranghi a seconda della posizione occupata rispettivamente nelle classifiche QS, THE e ARWU. Sulla base dei ranghi assegnati, si effettua una riclassificazione in modo tale da ottenere tre classifiche da 10 università ciascuna. Per tutte quelle università presenti nel campione fisso ma che non sono presenti tra

le prime 10 università delle classifiche QS,THE e ARWU è assegnata l'ultima posizione.

2. Anche il secondo metodo parte dal campione fisso di 10 università ma, anziché effettuare un confronto tra le prime 10 università, considera un campione di 100 università estratto dalle classifiche QS, THE e ARWU negli anni 2017, 2018, 2019 e 2020. Terminato il confronto, i passi successivi sono esattamente gli stessi del primo metodo.
3. Il terzo metodo non si basa sul presupposto di conoscere e fissare il campione di 10 università come punto di partenza. Ma prende in considerazione i tre ranking QS,THE e ARWU ed individua solo le prime 10 università che compaiono in tutte e tre le classifiche. Si prosegue assegnando alle università le relative posizioni che occupano all'interno delle tre classifiche e sulla base di queste, si effettua una riclassificazione in modo da ottenere tre nuove classifiche con rango da 1 a 10. La riclassificazione avviene ordinando le università in senso crescente in relazione alle posizioni occupate e assegnando all'università che occupa la prima posizione il rango 1, all'università in seconda posizione il rango 2 e così via fino ad assegnare all'ultima posizione il rango 10.

Tra i metodi descritti e analizzati, si è deciso di utilizzare l'ultimo metodo per l'estrazione e la riclassificazione del campione delle 10 università. La scelta è stata guidata dal fatto che il terzo metodo consente di individuare solamente università presenti in tutti e tre i ranking, in modo da poter classificare ogni università con il giusto rango e non dover assegnare loro l'ultima posizione.

Come per gli altri metodi, la riclassificazione è fatta per tutti e quattro gli anni presi in esame. A titolo di esempio, si riporta l'anno 2017. In tabella 2.6 è riportato il campione delle 10 università identiche per i tre ranking con le relative posizioni; in tabella 2.7 è rappresentato lo stesso campione con le posizioni aggiornate e riclassificate.

Per gli anni successivi si rimanda all'Allegato 1.

Tabella 2.6 – Classifica campione 10 università, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU
Carnegie Mellon University (USA)	31	13	5
ETH Zurich (CH)	4	9	7
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	17	19	24
Imperial College London (UK)	6	7	34
MIT (USA)	1	4	1
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	5	18	17
National University of Singapore (SG)	7	7	20
Stanford University (USA)	2	2	3
Tsinghua University (CN)	10	23	19
University of California, Berkeley (USA)	11	10	1

Tabella 2.7 – Riclassifica campione 10 università, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU
Carnegie Mellon University (USA)	10	7	4
ETH Zurich (CH)	3	5	5
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	9	9	9
Imperial College London (UK)	5	3	10
MIT (USA)	1	2	1
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	4	8	6
National University of Singapore (SG)	6	3	8
Stanford University (USA)	2	1	3
Tsinghua University (CN)	7	10	7
University of California, Berkeley (USA)	8	6	1

La riclassificazione è effettuata anche mediante l'applicazione del Metodo 2 per la gestione delle posizioni di equivalenza. La Tabella 2.8 mostra la classifica aggiornata per l'anno 2017; nel dettaglio, il ranking THE assegna alle università Imperial College e National University of Singapore un valore pari a 3.5 dato dalla somma delle posizioni occupate (3+4) diviso 2. La classifica ARWU assegna un valore pari a $(1+2)/2 = 1.5$ alle due università che occupano il 1° posto, la Massachusetts Institute of Technology e l' University of California, Berkeley.

Tabella 2.8 – Riclassifica campione 10 università con Metodo 2, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU
Carnegie Mellon University (USA)	10	7	4
ETH Zurich (CH)	3	5	5
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	9	9	9
Imperial College London (UK)	5	3.5	10
MIT (USA)	1	2	1.5
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	4	8	6
National University of Singapore (SG)	6	3.5	8
Stanford University (USA)	2	1	3
Tsinghua University (CN)	7	10	7
University of California, Berkeley (USA)	8	6	1.5

Per gli anni successivi si rimanda all'Allegato 1.

2.3.2. Campione di 100 università

Punto di partenza per l'estrazione del nuovo campione di 100 università è considerare le prime 100 università presenti nei tre ranking sotto analisi: QS, THE e ARWU. Sulla base dei tre ranking, il metodo di estrazione del campione si articola su tre fasi:

1. Individuare le università presenti in tutti e tre i ranking e classificarle con le rispettive posizioni.
2. Recuperate tutte le università che compaiono nei tre ranking, si passa all'individuazione e alla classificazione delle università presenti in almeno due dei tre ranking considerati.
3. Infine, si considerano le rimanenti università partendo dalle migliori in classifica nei tre ranking e via via fino ad ottenere un campione di 100 università.

Terminata la fase di estrazione del campione, in analogia a quanto fatto per il campione di 10 università, il passo successivo è la riclassificazione delle università presenti nel nuovo campione. Proseguendo in questo modo si ottiene una classifica completa e ordinata con le giuste posizioni assegnate alle università.

A titolo di esempio, si riporta il campione delle 100 università per l'anno 2017. La Tabella 2.9 rappresenta a sinistra la classifica delle 100 università e le relative posizioni occupate nei tre ranking; a destra la stessa classifica ma con le posizioni aggiornate.

Tabella 2.9 – Classifica campione 100 università, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU	QS	THE	ARWU
Aalborg University (DK)	81	96	-	70	80	72
California Institute of Technology (USA)	26	1	52	26	1	49
Carnegie Mellon University (USA)	31	15	5	31	15	6
CentraleSupélec (FR)	73	80	-	64	72	72
City University of Hong Kong (HK)	63	58	22	58	55	23
Columbia University (USA)	81	26	-	71	26	72
Cornell University (USA)	60	22	16	57	22	17
Delft University of Technology (NL)	22	20	52	22	20	49
Ecole Polytechnique (FR)	76	61	-	67	58	72
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (FR)	12	11	-	12	11	72
Eindhoven University of Technology (NL)	-	64	53	75	64	52
ETH Zurich (CH)	4	9	7	4	9	8
Fudan University (CN)	51	72	-	49	66	72
Georgia Institute of Technology (USA)	24	13	36	24	13	37
Harbin Institute of Technology (CN)	-	-	27	75	82	28
Harvard University (USA)	13	-	4	13	82	5
Huazhong University of Science and Technology (CN)	-	-	23	75	82	24
Imperial College London (UK)	6	7	34	6	7	35
Johns Hopkins University (USA)	-	42	-	75	42	72
KAIST-Korea Advanced Institute of Science & Technology (KR)	15	30	-	15	30	72
King Abdulaziz University (SA)	-	-	30	75	82	31
KIT, Karlsruhe Institute of Technology (DE)	51	60	-	49	57	72
KTH Royal Institute of Technology (SE)	41	36	54	41	36	51
KU Leuven (BE)	64	34	26	59	34	27
Kyoto University (JP)	21	47	-	21	47	72
Massachusetts Institute of Technology (USA)	1	4	1	1	4	1
McGill University (CA)	76	52	-	67	51	72

Monash University (AU)	36	45	-	37	45	72
Nanjing University of Information Science & Technology (CN)	97	85	56	74	77	52
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	5	18	17	5	18	18
National Taiwan University (TW)	19	79	-	19	71	72
National Tsing Hua University (TW)	33	-	-	33	82	72
National University of Singapore (SG)	7	7	20	7	7	21
New York University (USA)	-	87	58	75	78	54
Northwestern University (USA)	94	21	-	73	21	72
Osaka University (JP)	44	-	-	44	82	72
Peking University (CN)	20	12	59	20	12	55
Pennsylvania State University (USA)	-	48	84	75	48	65
Pohang University of Science and Technology (KR)	44	40	-	44	40	72
Politecnico di Milano (IT)	17	82	61	17	74	56
Politecnico di Torino (IT)	33	-	-	33	82	72
Princeton University (USA)	38	6	8	38	6	9
Purdue University-West Lafayette (USA)	73	27	47	64	27	47
RWTH Aachen University (DE)	31	29	87	31	29	66
Seoul National University (KR)	16	32	-	16	32	72
Shanghai Jiao Tong University (CN)	29	53	29	29	52	30
Southeast University (BD)	-	-	3	75	82	3
Stanford University (USA)	2	2	3	2	2	3
Sungkyunkwan University (KR)	68	51	-	61	50	72
Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (CH)	-	-	25	75	82	26
Technical University of Berlin (DE)	39	40	89	39	40	67
Technical University of Denmark (DK)	53	53	-	51	52	72
Technical University of Munich (DE)	25	28	62	25	28	57
The Australian National University (AU)	46	-	39	46	82	39
The Chinese University of Hong Kong (HK)	41	74	63	41	68	58
The Hong Kong Polytechnic University (HK)	56	74	24	53	68	25
The Hong Kong University of Science and Technology (HK)	17	19	38	17	19	38
The University of Adelaide (AU)	-	-	43	75	82	43
The University of Edinburgh (UK)	73	59	15	64	56	16

The University of Manchester (UK)	53	37	-	51	37	72
The University of Melbourne (AU)	27	64	31	27	61	32
The University of New South Wales (AU)	27	-	40	27	82	40
The University of Queensland (AU)	64	68	64	59	64	59
The University of Tokyo (JP)	39	83	69	8	35	72
Tohoku University (JP)	8	35	-	48	54	72
Tokyo Institute of Technology (JP)	48	55	-	14	59	72
Tsinghua University (CN)	14	62	-	10	23	20
UCL (UK)	10	23	19	55	38	72
Universitat Stuttgart (DE)	58	38	-	72	78	72
University College London (UK)	92	87	-	75	82	36
University of Alberta (CA)	-	-	35	75	76	60
University of British Columbia (CA)	-	84	65	62	60	40
University of California, Berkeley (USA)	70	63	40	11	10	1
University of California, Los Angeles (USA)	11	10	1	35	13	7
University of California, San Diego (USA)	35	13	6	75	44	40
University of California, Santa Barbara (USA)	-	44	40	75	24	72
University of Cambridge (UK)	-	24	-	3	5	44
University of Copenhagen (DK)	3	5	44	75	82	12
University of Granada (ES)	-	-	11	75	82	34
University of Hong Kong (HK)	-	-	33	30	33	72
University of Illinois at Urbana Champaign (USA)	30	33	-	46	16	29
University of Malaya (MY)	46	16	28	22	82	61
University of Maryland, College Park (USA)	22	-	67	75	66	46
University of Michigan-Ann Arbor (USA)	-	72	46	53	17	48
University of Minnesota (USA)	56	17	49	75	61	69
University of North Carolina at Chapel Hill (USA)	-	64	94	75	82	19
University of Oslo (NO)	-	-	18	75	82	13
University of Oxford (UK)	-	-	12	8	3	62
University of Science and Technology of China (CN)	8	3	68	69	38	45
University of Sheffield (UK)	80	38	45	75	80	68
University of Southern California (USA)	-	96	91	75	49	10
University of Sydney (AU)	-	50	9	39	75	63

University of Texas at Austin (USA)	58	25	14	55	25	15
University of Toronto (CA)	43	31	13	43	31	14
University of Washington (USA)	-	43	96	75	43	70
University of Waterloo (CA)	70	78	32	62	70	33
University of Wisconsin-Madison (USA)	-	46	72	75	46	64
Virginia Polytechnic Institute and State University (USA)	-	81	98	75	73	71
Weizmann Institute of Science (IL)	-	-	10	75	82	11
Zhejiang University (CN)	36	67	21	35	63	22

La Tabella 2.10 rappresenta la classifica aggiornata delle 100 università per l'anno 2017 gestendo le posizioni di equivalenza con il secondo metodo, ovvero assegnando alle università a pari merito il valore dato dalla somma delle posizioni occupate diviso la numerosità delle università in posizioni di equivalenza.

Tabella 2.10 – Riclassifica campione 100 università con Metodo 2, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU
Aalborg University (DK)	70	80.5	86
California Institute of Technology (USA)	26	1	49.5
Carnegie Mellon University (USA)	31.5	15	6
CentraleSupélec (FR)	65	72	86
City University of Hong Kong (HK)	58	55	23
Columbia University (USA)	71	26	86
Cornell University (USA)	57	22	17
Delft University of Technology (NL)	22.5	20	49.5
Ecole Polytechnique (FR)	67.5	58	86
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (FR)	12	11	86
Eindhoven University of Technology (NL)	87.5	64.5	52.5
ETH Zurich (CH)	4	9	8
Fudan University (CN)	49.5	66.5	86
Georgia Institute of Technology (USA)	24	13.5	37
Harbin Institute of Technology (CN)	87.5	91	28
Harvard University (USA)	13	91	5
Huazhong University of Science and Technology (CN)	87.5	91	24
Imperial College London (UK)	6	7.5	35
Johns Hopkins University (USA)	87.5	42	86

KAIST-Korea Advanced Institute of Science & Technology (KR)	15	30	86
King Abdulaziz University (SA)	87.5	91	31
KIT, Karlsruhe Institute of Technology (DE)	49.5	57	86
KTH Royal Institute of Technology (SE)	41.5	36	51
KU Leuven (BE)	59.5	34	27
Kyoto University (JP)	21	47	86
Massachusetts Institute of Technology (USA)	1	4	1.5
McGill University (CA)	67.5	51	86
Monash University (AU)	37	45	86
Nanjing University of Information Science & Technology (CN)	74	77	52.5
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	5	18	18
National Taiwan University (TW)	19	71	86
National Tsing Hua University (TW)	33.5	91	86
National University of Singapore (SG)	7	7.5	21
New York University (USA)	87.5	78.5	54
Northwestern University (USA)	73	21	86
Osaka University (JP)	44.5	91	86
Peking University (CN)	20	12	55
Pennsylvania State University (USA)	87.5	48	65
Pohang University of Science and Technology (KR)	44.5	40.5	86
Politecnico di Milano (IT)	17.5	74	56
Politecnico di Torino (IT)	33.5	91	86
Princeton University (USA)	38	6	9
Purdue University-West Lafayette (USA)	65	27	47
RWTH Aachen University (DE)	31.5	29	66
Seoul National University (KR)	16	32	86
Shanghai Jiao Tong University (CN)	29	52.5	30
Southeast University (BD)	87.5	91	3.5
Stanford University (USA)	2	2	3.5
Sungkyunkwan University (KR)	61	50	86
Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (CH)	87.5	91	26
Technical University of Berlin (DE)	39.5	40.5	67
Technical University of Denmark (DK)	51.5	52.5	86
Technical University of Munich (DE)	25	28	57
The Australian National University (AU)	46.5	91	39

The Chinese University of Hong Kong (HK)	41.5	68.5	58
The Hong Kong Polytechnic University (HK)	53.5	68.5	25
The Hong Kong University of Science and Technology (HK)	17.5	19	38
The University of Adelaide (AU)	87.5	91	43
The University of Edinburgh (UK)	65	56	16
The University of Manchester (UK)	51.5	37	86
The University of Melbourne (AU)	27.5	61.5	32
The University of New South Wales (AU)	27.5	91	41
The University of Queensland (AU)	59.5	64.5	59
The University of Tokyo (JP)	8.5	35	86
Tohoku University (JP)	48	54	86
Tokyo Institute of Technology (JP)	14	59	86
Tsinghua University (CN)	10	23	20
UCL (UK)	55.5	38.5	86
Universitat Stuttgart (DE)	72	78.5	86
University College London (UK)	87.5	91	36
University of Alberta (CA)	87.5	76	60
University of British Columbia (CA)	62.5	60	41
University of California, Berkeley (USA)	11	10	1.5
University of California, Los Angeles (USA)	35.5	13.5	7
University of California, San Diego (USA)	87.5	44	41
University of California, Santa Barbara (USA)	87.5	24	86
University of Cambridge (UK)	3	5	44
University of Copenhagen (DK)	87.5	91	12
University of Granada (ES)	87.5	91	34
University of Hong Kong (HK)	30	33	86
University of Illinois at Urbana Champaign (USA)	46.5	16	29
University of Malaya (MY)	22.5	91	61
University of Maryland, College Park (USA)	87.5	66.5	46
University of Michigan-Ann Arbor (USA)	53.5	17	48
University of Minnesota (USA)	87.5	61.5	69
University of North Carolina at Chapel Hill (USA)	87.5	91	19
University of Oslo (NO)	87.5	91	13
University of Oxford (UK)	8.5	3	62
University of Science and Technology of China (CN)	69	38.5	45

University of Sheffield (UK)	87.5	80.5	68
University of Southern California (USA)	87.5	49	10
University of Sydney (AU)	39.5	75	63
University of Texas at Austin (USA)	55.5	25	15
University of Toronto (CA)	43	31	14
University of Washington (USA)	87.5	43	70
University of Waterloo (CA)	62.5	70	33
University of Wisconsin-Madison (USA)	87.5	46	64
Virginia Polytechnic Institute and State University (USA)	87.5	73	71
Weizmann Institute of Science (IL)	87.5	91	11
Zhejiang University (CN)	35.5	63	22

Nel dettaglio si rimanda all'Allegato 2 in cui sono mostrati i vari passaggi per la realizzazione del campione delle 100 università anche per gli anni successivi: 2018, 2019 e 2020.

3. Proposta per la determinazione di un Golden Ranking

Nei capitoli precedenti si è parlato dei ranking QS, THE e ARWU, focalizzando l'attenzione sulle classifiche per facoltà "Engineering & Technology". Abbiamo discusso della differenza tra i vari ranking, legata al fatto che ogni classifica si basa su indicatori di performance differenti. Questo porta, inevitabilmente, alla creazione di classifiche diverse tra loro.

L'analisi effettuata sulle classifiche ha portato ad individuare ed analizzare uno specifico campione di università. Si è passati successivamente all'estrazione del campione delle università, partendo da un campione di 10 e in seguito abbiamo esteso l'analisi considerando un campione con numerosità pari a 100 università. Lo studio è stato effettuato prendendo in considerazione gli anni 2017, 2018, 2019 e 2020 e ha prodotto, per ogni anno preso in esame, 3 differenti classifiche.

Dunque, è stato necessario procedere con la creazione di un ordinamento complessivo. Si tratta di una proposta per determinare un ranking di riferimento, il *Golden Ranking*, in grado di aggregare in un unico ranking le tre classifiche prodotte. A seconda delle tecniche di aggregazione adottate è possibile trovare *Golden Ranking* differenti.

In questo capitolo vengono presentati due modelli di aggregazione che riflettono due diverse strategie:

- Metodo di BORDA: individua l'ordine delle università all'interno di una classifica e tiene conto del comportamento medio relativo al posizionamento di un'università nelle tre classifiche esaminate.
- Metodo di CONDORCET: effettua un confronto a coppie tra le università in modo da definire il numero di volte in cui un'università è migliore di un'altra in termini di posizionamento all'interno delle tre classifiche QS, THE e ARWU.

3.1. Metodo di Borda

Il metodo di Borda fu elaborato nel 1770 da Jean Charles de Borda (De Borda, 1781), il quale propose di assegnare un diverso punteggio alle alternative, sulla base del loro posizionamento nell'ordinamento (rango).

Sia $A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ l'insieme delle alternative da confrontare e m il numero di ranking totali che vengono formulati. Ciascun organismo (QS, THE e ARWU) formula un ordinamento sulla base dei propri indicatori; tale ordinamento ha, quindi, la seguente forma: $R_i = \{A_1 > A_2 > \dots > A_n\}$ con $i = 1, \dots, m$. Ogni ordinamento R_i può essere visto come una permutazione σ_i di $1, \dots, n$, dove $\sigma_i = (i_1, i_2, \dots, i_n)$.

Sia σ_{ij} , il j -esimo elemento di σ_i , tale che $\sigma_{ij} = i_j$; allora $\sigma_i(\sigma_{ij}) = j$; quindi, con $\sigma_i(k)$ si indica la posizione ordinale che l'alternativa k -esima, A_k , ricopre in σ_i .

Sia $A = \{A_1, A_2, A_3\}$ l'insieme delle alternative e $R_i = \{A_3 > A_1 > A_2\}$ il ranking i -esimo, si ha un vettore $\sigma_i = \{3, 1, 2\}$ con $\sigma_i(1) = 2$; $\sigma_i(2) = 3$ e $\sigma_i(3) = 1$.

Considerando che ad ogni ranking è associato un vettore σ_i e ad ogni alternativa è associato un valore $\sigma_i(k)$, che indica la posizione che l'alternativa k ricopre nell'ordinamento i -esimo, si può calcolare il valore dell'indice di Borda di una data alternativa nel modo seguente:

$$B_k = \sum_{i=1}^m \sigma_i(k)$$

Quindi, Borda associa ad ogni posizione di un ranking i un valore che varia tra 1 e n ; nello specifico all'alternativa che si trova in prima posizione associa il valore 1, alla seconda il valore 2 e così via sino all'ultima che presenterà il valore n . Le alternative vengono infine ordinate per valori crescenti di B_k , dalla migliore alla peggiore (*Metodi e strumenti per la gerarchizzazione delle caratteristiche tecniche nel Quality Function Deployment*, Capponi 2019).

Ad esempio, dati tre ordinamenti formulati da tre organismi differenti:

$$R_1 = \{A_3 > A_1 > A_2\}$$

$$R_2 = \{A_2 > A_1 > A_3\}$$

$$R_3 = \{A_2 > A_3 > A_1\}$$

si hanno tre vettori: $\sigma_1 = \{3, 1, 2\}$ con $\sigma_1(1) = 2$; $\sigma_1(2) = 3$ e $\sigma_1(3) = 1$

$$\sigma_2 = \{2, 1, 3\}$$
 con $\sigma_2(1) = 2$; $\sigma_2(2) = 1$ e $\sigma_2(3) = 3$

$$\sigma_3 = \{2,3,1\} \text{ con } \sigma_3(1) = 3; \sigma_3(2) = 1 \text{ e } \sigma_3(3) = 2.$$

Calcoliamo il valore dell'indice di Borda per ogni alternativa A_1, A_2, A_3 :

$$B_{A_1} = 2 + 2 + 3 = 7$$

$$B_{A_2} = 3 + 1 + 1 = 5$$

$$B_{A_3} = 1 + 3 + 2 = 6$$

e ordinando le alternative per valori crescenti dell'indice, si ottiene l'ordinamento complessivo:

$$\{A_2 > A_3 > A_1\}.$$

3.1.1. Applicazione Metodo di Borda al campione di 10 università

Consideriamo il campione di 10 università che rappresenta l'insieme delle alternative $\{A_1, A_2, \dots, A_{10}\}$ da confrontare e i tre ranking, QS, THE e ARWU formulati nei quattro anni presi in esame. L'applicazione del metodo di Borda prevede due fasi:

1. assegniamo ad ogni alternativa di un ranking un valore da 1 a 10: all'alternativa che si trova in prima posizione assegniamo il valore 1, all'alternativa in seconda posizione assegniamo il valore 2 e così via fino all'ultima che avrà il valore 10.
2. Calcoliamo il valore B_k e ordiniamo le università per valori di quest'ultimo crescenti.

La Tabella 3.1 mostra nel dettaglio ogni fase del metodo di Borda applicato per il campione di 10 università nell'anno 2017. Dati i ranking QS, THE e ARWU assegniamo ad ogni università valori da 1 a 10 corrispondenti alle posizioni occupate nei tre ordinamenti. Determiniamo il valore dell'indice di Borda B_k sommando i tre valori assegnati ed infine ordiamo le università dal valore più basso al più alto dell'indice B_k . Il risultato è la creazione del ranking di riferimento definito "BORDA 2017" nella tabella.

Tabella 3.1 - Metodo di Borda, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU	B_k	BORDA 2017
Carnegie Mellon University (USA)	10	7	4	21	8
ETH Zurich (CH)	3	5	5	13	3
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	9	9	9	27	10
Imperial College London (UK)	5	3	10	18	6
MIT (USA)	1	2	1	4	1
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	4	8	6	18	6
National University of Singapore (SG)	6	3	8	17	5
Stanford University (USA)	2	1	3	6	2
Tsinghua University (CN)	7	10	7	24	9
University of California, Berkeley (USA)	8	6	1	15	4

Per gli anni 2018, 2019 e 2020 riportiamo nelle tabelle successive i *Golden Ranking* ottenuti in seguito all'applicazione del metodo di Borda. Il metodo segue le stesse identiche fasi descritte precedentemente per l'anno 2017. Si prosegue poi con l'assegnazione dei valori da 1 a 10, il calcolo dell'indice B_k ed infine l'ordinamento per valori crescenti dell'indice, al fine di ottenere il ranking di riferimento complessivo. La tabella 3.2 mostra il ranking di Borda per l'anno 2018; la tabella 3.3 Borda per l'anno 2019 e la tabella 3.4 per l'anno 2020.

Tabella 3.2 - Metodo di Borda, anno 2018

UNIVERSITA'	BORDA 2018
Carnegie Mellon University (USA)	6
ETH Zurich (CH)	3
Georgia Institute of Technology (USA)	10
MIT (USA)	1
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	6
National University of Singapore (SG)	5
Stanford University (USA)	1
Tsinghua University (CN)	9
University of California, Berkeley (USA)	8
University of Oxford (UK)	4

Tabella 3.3 – Metodo di Borda, anno 2019

UNIVERSITA'	BORDA 2019
Carnegie Mellon University (USA)	9
ETH Zurich (CH)	4
Georgia Institute of Technology (USA)	10
Harvard University (USA)	6
MIT (USA)	1
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	8
National University of Singapore (SG)	7
Stanford University (USA)	1
University of California, Berkeley (USA)	5
University of Oxford (UK)	3

Tabella 3.4 – Metodo di Borda, anno 2020

UNIVERSITA'	BORDA 2020
Carnegie Mellon University (USA)	8
ETH Zurich (CH)	3
Harvard University (USA)	5
MIT (USA)	2
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	7
National University of Singapore (SG)	9
Stanford University (USA)	1
Tsinghua University (CN)	9
University of California, Berkeley (USA)	4
University of Oxford (UK)	5

Realizzati i *Golden Ranking* con il metodo di Borda relativi ai quattro anni presi in considerazione, si nota che alcune università si trovano in posizione di equivalenza poiché occupano la medesima posizione. Per gestire il posizionamento a “pari merito” delle università è possibile procedere anche mediante un secondo metodo. Il Metodo 2 consiste nell’assegnare alle università a pari merito la somma delle loro posizioni diviso la numerosità delle università coinvolte.

Pertanto, riportiamo nelle tabelle successive l'applicazione del metodo per i quattro anni esaminati:

- consideriamo l'anno 2017 in Tabella 3.5:
alle università Imperial College London e Nanyang Technological University, Singapore che si trovano rispettivamente in posizione 6 e 7, assegniamo ad entrambe la somma delle loro posizioni diviso due $(6+7)/2 = 6.5$.

Tabella 3.5 – Metodo di Borda, anno 2017

UNIVERSITA'	BORDA 2017
Carnegie Mellon University (USA)	8
ETH Zurich (CH)	3
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	10
Imperial College London (UK)	6.5
MIT (USA)	1
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	6.5
National University of Singapore (SG)	5
Stanford University (USA)	2
Tsinghua University (CN)	9
University of California, Berkeley (USA)	4

- Consideriamo l'anno 2018 in Tabella 3.6:
si classificano in prima e in seconda posizione la MIT e la Stanford University, dunque, applicando il Metodo 2, assegniamo loro il valore pari a 1.5. La Carnegie Mellon University e la Nanyang Technological University, Singapore che occupano la sesta e la settima posizione ottengono entrambi un valore pari a 6.5 dato dalla somma $(6+7)$ diviso 2.

Tabella 3.6 – Metodo di Borda, anno 2018

UNIVERSITA'	BORDA 2018
Carnegie Mellon University (USA)	6.5
ETH Zurich (CH)	3
Georgia Institute of Technology (USA)	10
MIT (USA)	1.5
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	6.5

National University of Singapore (SG)	5
Stanford University (USA)	1.5
Tsinghua University (CN)	9
University of California, Berkeley (USA)	8
University of Oxford (UK)	4

- Consideriamo l'anno 2019 in Tabella 3.7:

come nel 2018, la MIT e la Stanford University che occupano prima e seconda posizione, si classificano in testa all'ordinamento con un valore pari a $(1+2)/2 = 1.5$.

Tabella 3.7 – Metodo di Borda, anno 2019

UNIVERSITA'	BORDA 2019
Carnegie Mellon University (USA)	9
ETH Zurich (CH)	4
Georgia Institute of Technology (USA)	10
Harvard University (USA)	6
MIT (USA)	1.5
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	8
National University of Singapore (SG)	7
Stanford University (USA)	1.5
University of California, Berkeley (USA)	5
University of Oxford (UK)	3

- Consideriamo l'anno 2020 in Tabella 3.8:

l'Harvard University e l'University of Oxford si trovano in posizione 5 e 6. Applicando il secondo metodo per la gestione del posizionamento a pari merito, assegniamo loro il medesimo valore pari a 5.5. Infine, le università National University of Singapore e Tsinghua University, che occupano le ultime due posizioni, ottengono un valore dato dalla somma delle posizioni diviso 2: $(9+10)/2 = 9.5$.

Tabella 3.8 – Metodo di Borda, anno 2020

UNIVERSITA'	BORDA 2020
Carnegie Mellon University (USA)	8
ETH Zurich (CH)	3
Harvard University (USA)	5.5
MIT (USA)	2
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	7
National University of Singapore (SG)	9.5
Stanford University (USA)	1
Tsinghua University (CN)	9.5
University of California, Berkeley (USA)	4
University of Oxford (UK)	5.5

L'Allegato 3 riporta nel dettaglio le fasi per la realizzazione dei *Golden Ranking* mediante il metodo di Borda.

3.1.2. Applicazione Metodo di Borda al campione di 100 università

Passiamo all'applicazione del metodo per il campione di 100 università. In questo caso, consideriamo il campione di 100 università che rappresenta l'insieme delle alternative $\{A_1, A_2, \dots, A_{100}\}$ da confrontare e i tre ranking, QS, THE e ARWU formulati nei quattro anni presi in esame. Il metodo di Borda si articola secondo le stesse due fasi:

1. assegniamo ad ogni alternativa di un ranking un valore da 1 a 100: all'alternativa che si trova in prima posizione assegniamo il valore 1, all'alternativa in seconda posizione assegniamo il valore 2 e così via fino all'ultima che avrà il valore 100.
2. Calcoliamo il valore dell'indice di Borda B_k e ordiniamo le università per valori di quest'ultimo crescenti.

Nella tabella 3.9 riportiamo le fasi e l'applicazione del metodo per l'anno 2017. Come per il campione di 10 università, si prosegue secondo le fasi descritte. È opportuno sottolineare che per il ranking QS le università presentano valori che vanno da 1 a 75, poiché le università dalla posizione 75 alla 100esima posizione sono a “pari merito”, si trovano in posizioni di equivalenza. Lo stesso accade per i ranking THE e ARWU, rispettivamente dalla posizione

82 e 72. Fatta questa premessa, si prosegue calcolando per ogni università l'indice B_k dato dalla somma dei valori presenti sui tre ranking. In seguito, ordiniamo le università dal valore più basso a quello più alto dell'indice di Borda in modo da ottenere il *Golden Ranking* per l'anno 2017.

Tabella 3.9 – Metodo di Borda, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU	B_k	BORDA 2017
Aalborg University (DK)	70	80	72	222	98
California Institute of Technology (USA)	26	1	49	76	16
Carnegie Mellon University (USA)	31	15	6	52	8
CentraleSupélec (FR)	64	72	72	208	95
City University of Hong Kong (HK)	58	55	23	136	38
Columbia University (USA)	71	26	72	169	62
Cornell University (USA)	57	22	17	96	23
Delft University of Technology (NL)	22	20	49	91	19
Ecole Polytechnique (FR)	67	58	72	197	89
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (FR)	12	11	72	95	21
Eindhoven University of Technology (NL)	75	64	52	191	86
ETH Zurich (CH)	4	9	8	21	3
Fudan University (CN)	49	66	72	187	77
Georgia Institute of Technology (USA)	24	13	37	74	14
Harbin Institute of Technology (CN)	75	82	28	185	75
Harvard University (USA)	13	82	5	100	24
Huazhong University of Science and Technology (CN)	75	82	24	181	71
Imperial College London (UK)	6	7	35	48	7
Johns Hopkins University (USA)	75	42	72	189	84
KAIST-Korea Advanced Institute of Science & Technology (KR)	15	30	72	117	28
King Abdulaziz University (SA)	75	82	31	188	81
KIT, Karlsruhe Institute of Technology (DE)	49	57	72	178	70
KTH Royal Institute of Technology (SE)	41	36	51	128	35
KU Leuven (BE)	59	34	27	120	30
Kyoto University (JP)	21	47	72	140	41
Massachusetts Institute of Technology (USA)	1	4	1	6	1
McGill University (CA)	67	51	72	190	85

Monash University (AU)	37	45	72	154	48
Nanjing University of Information Science & Technology (CN)	74	77	52	203	92
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	5	18	18	41	6
National Taiwan University (TW)	19	71	72	162	53
National Tsing Hua University (TW)	33	82	72	187	77
National University of Singapore (SG)	7	7	21	35	5
New York University (USA)	75	78	54	207	94
Northwestern University (USA)	73	21	72	166	58
Osaka University (JP)	44	82	72	198	90
Peking University (CN)	20	12	55	87	17
Pennsylvania State University (USA)	75	48	65	188	81
Pohang University of Science and Technology (KR)	44	40	72	156	49
Politecnico di Milano (IT)	17	74	56	147	45
Politecnico di Torino (IT)	33	82	72	187	77
Princeton University (USA)	38	6	9	53	10
Purdue University-West Lafayette (USA)	64	27	47	138	40
RWTH Aachen University (DE)	31	29	66	126	34
Seoul National University (KR)	16	32	72	120	30
Shanghai Jiao Tong University (CN)	29	52	30	111	26
Southeast University (BD)	75	82	3	160	51
Stanford University (USA)	2	2	3	7	2
Sungkyunkwan University (KR)	61	50	72	183	73
Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (CH)	75	82	26	183	73
Technical University of Berlin (DE)	39	40	67	146	43
Technical University of Denmark (DK)	51	52	72	175	67
Technical University of Munich (DE)	25	28	57	110	25
The Australian National University (AU)	46	82	39	167	59
The Chinese University of Hong Kong (HK)	41	68	58	167	59
The Hong Kong Polytechnic University (HK)	53	68	25	146	43
The Hong Kong University of Science and Technology (HK)	17	19	38	74	14
The University of Adelaide (AU)	75	82	43	200	91
The University of Edinburgh (UK)	64	56	16	136	38
The University of Manchester (UK)	51	37	72	160	51
The University of Melbourne (AU)	27	61	32	120	30

The University of New South Wales (AU)	27	82	40	149	46
The University of Queensland (AU)	59	64	59	182	72
The University of Tokyo (JP)	8	35	72	115	27
Tohoku University (JP)	48	54	72	174	66
Tokyo Institute of Technology (JP)	14	59	72	145	42
Tsinghua University (CN)	10	23	20	53	10
UCL (UK)	55	38	72	165	55
Universitat Stuttgart (DE)	72	78	72	222	98
University College London (UK)	75	82	36	193	88
University of Alberta (CA)	75	76	60	211	96
University of British Columbia (CA)	62	60	40	162	53
University of California, Berkeley (USA)	11	10	1	22	4
University of California, Los Angeles (USA)	35	13	7	55	12
University of California, San Diego (USA)	75	44	40	159	50
University of California, Santa Barbara (USA)	75	24	72	171	65
University of Cambridge (UK)	3	5	44	52	8
University of Copenhagen (DK)	75	82	12	169	62
University of Granada (ES)	75	82	34	191	86
University of Hong Kong (HK)	30	33	72	135	37
University of Illinois at Urbana Champaign (USA)	46	16	29	91	19
University of Malaya (MY)	22	82	61	165	55
University of Maryland, College Park (USA)	75	66	46	187	77
University of Michigan-Ann Arbor (USA)	53	17	48	118	29
University of Minnesota (USA)	75	61	69	205	93
University of North Carolina at Chapel Hill (USA)	75	82	19	176	68
University of Oslo (NO)	75	82	13	170	64
University of Oxford (UK)	8	3	62	73	13
University of Science and Technology of China (CN)	69	38	45	152	47
University of Sheffield (UK)	75	80	68	223	100
University of Southern California (USA)	75	49	10	134	36
University of Sydney (AU)	39	75	63	177	69
University of Texas at Austin (USA)	55	25	15	95	21
University of Toronto (CA)	43	31	14	88	18
University of Washington (USA)	75	43	70	188	81
University of Waterloo (CA)	62	70	33	165	55

University of Wisconsin-Madison (USA)	75	46	64	185	75
Virginia Polytechnic Institute and State University (USA)	75	73	71	219	97
Weizmann Institute of Science (IL)	75	82	11	168	61
Zhejiang University (CN)	35	63	22	120	30

Lo stesso studio è stato effettuato per gli anni successivi: 2018, 2019 e 2020. Per i calcoli e i risultati ottenuti si rimanda all'Allegato 4.

Anche per il campione di 100 università, è stata effettuata la stessa analisi per la gestione del posizionamento delle università a pari merito. Per tutte le università che occupano le stesse posizioni applichiamo il secondo metodo che consiste nell'assegnare la somma delle loro posizioni diviso 2. È ovvio che se si trovano tre o più università a pari merito, allora assegniamo un valore dato dalla somma delle posizioni occupate diviso la numerosità delle università coinvolte.

Si riporta come esempio l'applicazione del Metodo 2 per la gestione delle università in posizioni di equivalenza per l'anno 2017. La Tabella 3.10 mostra la classifica di Borda aggiornata in seguito alla nuova gestione delle università a pari merito. Ad esempio, per la gestione di tre università a pari merito: si nota che l'University of California, Santa Barbara, l'University of North Carolina at Chapel Hill e l'University of Wisconsin-Madison si trovano al 71° posto. Dunque, poiché occupano le posizioni 71, 72 e 73, assegniamo loro il valore pari a $(71+72+73)/3 = 72$.

Tabella 3.10 – Applicazione Metodo 2 per la gestione delle posizioni di equivalenza, Borda anno 2017

UNIVERSITA'	BORDA 2017
Aalborg University (DK)	99.5
California Institute of Technology (USA)	16
Carnegie Mellon University (USA)	9
CentraleSupélec (FR)	95
City University of Hong Kong (HK)	36
Columbia University (USA)	62.5
Cornell University (USA)	22
Delft University of Technology (NL)	20
Ecole Polytechnique (FR)	87
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (FR)	23.5
Eindhoven University of Technology (NL)	81

ETH Zurich (CH)	3
Fudan University (CN)	77
Georgia Institute of Technology (USA)	14.5
Harbin Institute of Technology (CN)	83
Harvard University (USA)	23.5
Huazhong University of Science and Technology (CN)	78
Imperial College London (UK)	7
Johns Hopkins University (USA)	90
KAIST-Korea Advanced Institute of Science & Technology (KR)	34
King Abdulaziz University (SA)	84
KIT, Karlsruhe Institute of Technology (DE)	69
KTH Royal Institute of Technology (SE)	32
KU Leuven (BE)	28.5
Kyoto University (JP)	45
Massachusetts Institute of Technology (USA)	1
McGill University (CA)	81
Monash University (AU)	50.5
Nanjing University of Information Science & Technology (CN)	79
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	6
National Taiwan University (TW)	56
National Tsing Hua University (TW)	85.5
National University of Singapore (SG)	5
New York University (USA)	92
Northwestern University (USA)	59.5
Osaka University (JP)	93.5
Peking University (CN)	17
Pennsylvania State University (USA)	75.5
Pohang University of Science and Technology (KR)	52
Politecnico di Milano (IT)	42
Politecnico di Torino (IT)	85.5
Princeton University (USA)	10.5
Purdue University-West Lafayette (USA)	38
RWTH Aachen University (DE)	31
Seoul National University (KR)	35
Shanghai Jiao Tong University (CN)	26

Southeast University (BD)	61
Stanford University (USA)	2
Sungkyunkwan University (KR)	70
Swiss Federal Institute of Technoly Lausanne (CH)	81
Technical University of Berlin (DE)	40.5
Technical University of Denmark (DK)	66
Technical University of Munich (DE)	25
The Australian National University (AU)	57
The Chinese University of Hong Kong (HK)	50.5
The Hong Kong Polytechnic University (HK)	40.5
The Hong Kong University of Science and Technology (HK)	14.5
The University of Adelaide (AU)	93.5
The University of Edinburgh (UK)	37
The University of Manchester (UK)	54.5
The University of Melbourne (AU)	30
The University of New South Wales (AU)	47
The University of Queensland (AU)	62.5
The University of Tokyo (JP)	33
Tohoku University (JP)	64
Tokyo Institute of Technology (JP)	46
Tsinghua University (CN)	10.5
UCL (UK)	59.5
Universitat Stuttgart (DE)	99.5
University College London (UK)	89
University of Alberta (CA)	96
University of British Columbia (CA)	48
University of California, Berkeley (USA)	4
University of California, Los Angeles (USA)	12
University of California, San Diego (USA)	53
University of California, Santa Barbara (USA)	72
University of Cambridge (UK)	8
University of Copenhagen (DK)	67
University of Granada (ES)	88
University of Hong Kong (HK)	43
University of Illinois at Urbana Champaign (USA)	19

University of Malaya (MY)	54.5
University of Maryland, College Park (USA)	74
University of Michigan-Ann Arbor (USA)	27
University of Minnesota (USA)	91
University of North Carolina at Chapel Hill (USA)	72
University of Oslo (NO)	68
University of Oxford (UK)	13
University of Science and Technology of China (CN)	44
University of Sheffield (UK)	98
University of Southern California (USA)	39
University of Sydney (AU)	58
University of Texas at Austin (USA)	21
University of Toronto (CA)	18
University of Washington (USA)	75.5
University of Waterloo (CA)	49
University of Wisconsin-Madison (USA)	72
Virginia Polytechnic Institute and State University (USA)	97
Weizmann Institute of Science (IL)	65
Zhejiang University (CN)	28.5

La stessa metodologia per gestire il posizionamento equivalente delle università è stata attuata anche per i successivi anni presi in esame. L'applicazione del Metodo 2 e i risultati sono visibili nell'Allegato 4.

3.2. Metodo di Condorcet

Il metodo di Condorcet prende il nome dal matematico e filosofo francese J.-A.-N. de Caritat (1743-94), marchese di Condorcet. Si tratta di una procedura di votazione che permette di estrarre un vincitore tra n alternative usando il metodo del confronto delle alternative a coppie di due. L'alternativa vincente è quella che è preferita rispetto a tutte le altre, ottenendo in ciascun confronto la maggioranza delle preferenze.

Il metodo di Condorcet prevede tre fasi:

1. dati in ordinamenti, si effettua un confronto tra ogni coppia di alternative e si valuta il numero di volte in cui un'alternativa supera un'altra.
2. Per ogni alternativa si ricava l'indice di Condorcet I_C dato dal numero minimo di volte in cui l'alternativa considerata supera le altre.
3. La classifica finale si ottiene ordinando le università per valori decrescenti di I_C .

3.2.1. Applicazione Metodo di Condorcet al campione di 10 università

Tornando al caso di studio, facciamo un esempio pratico di applicazione del metodo di Condorcet.

Le tabelle 3.11, 3.12, 3.13 mostrano nel dettaglio le fasi per la determinazione del *Golden Ranking* per il campione di 10 università per l'anno 2017. Lungo le righe e le colonne si riportano le 10 università ricavate in seguito all'estrazione del campione.

1. Per ogni università si effettua un confronto a coppie in modo da valutare, dati i tre ranking QS, THE e ARWU, il numero di volte in cui un'università supera un'altra.

Tabella 3.11 – Confronto a coppie tra università, anno 2017

UNIVERSITÀ	Carnegie Mellon University (USA)	ETH Zurich (CH)	Hong Kong University of Science & Technology (HK)	Imperial College London (UK)	MIT (USA)	Nanyang Technological University, Singapore (SG)	National University of Singapore (SG)	Stanford University (USA)	Tsinghua University (CN)	University of California, Berkeley (USA)
Carnegie Mellon University (USA)	-	1	2	1	0	2	1	0	2	0
ETH Zurich (CH)	2	-	3	2	0	3	2	0	3	2
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	1	0	-	1	0	0	0	0	1	0

Technology (HK)										
Imperial College London (UK)	2	1	2	-	0	1	0	0	2	2
MIT (USA)	3	3	3	3	-	3	3	2	3	2
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	1	0	3	2	0	-	1	0	3	1
National University of Singapore (SG)	2	1	3	2	0	1	-	0	2	2
Stanford University (USA)	3	3	3	3	1	3	3	-	3	2
Tsinghua University (CN)	1	1	2	1	0	0	1	0	-	1
University of California, Berkeley (USA)	3	1	3	1	0	2	1	0	2	-

2. Per ogni riga troviamo l'indice di Condorcet I_C .

Tabella 3.12 – Calcolo Indice di Condorcet, anno 2017

UNIVERSITA'	I_C
Carnegie Mellon University (USA)	0
ETH Zurich (CH)	0
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	0
Imperial College London (UK)	0
MIT (USA)	2
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	0
National University of Singapore (SG)	0
Stanford University (USA)	1

Tsinghua University (CN)	0
University of California, Berkeley (USA)	0

3. Otteniamo la classifica finale ordinando le università per valori decrescenti dell'indice. Nello specifico assegniamo la prima posizione all'università con il valore dell'indice I_C maggiore e così via sino a classificare ogni università ed ottenere l'ordinamento di Condorcet.

Tabella 3.13 – Metodo di Condorcet, anno 2017

UNIVERSITA'	CONDORCET 2017
Carnegie Mellon University (USA)	3
ETH Zurich (CH)	3
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	3
Imperial College London (UK)	3
MIT (USA)	1
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	3
National University of Singapore (SG)	3
Stanford University (USA)	2
Tsinghua University (CN)	3
University of California, Berkeley (USA)	3

Il metodo di Condorcet è stato applicato anche per i tre anni successivi, 2018, 2019 e 2020. Ripercorrendo le stesse fasi otteniamo per ogni anno le classifiche complessive, i *Golden Ranking*, rappresentati nelle tabelle successive. Nel dettaglio, la Tabella 3.14 rappresenta l'ordinamento di Condorcet per l'anno 2018; la Tabella 3.15 l'ordinamento per l'anno 2019 ed infine, la Tabella 3.16 Condorcet per l'anno 2020.

Tabella 3.14 – Metodo di Condorcet, anno 2018

UNIVERSITA'	CONDORCET 2018
Carnegie Mellon University (USA)	3
ETH Zurich (CH)	3
Georgia Institute of Technology (USA)	3
MIT (USA)	1
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	3
National University of Singapore (SG)	3
Stanford University (USA)	2
Tsinghua University (CN)	3
University of California, Berkeley (USA)	3
University of Oxford (UK)	3

Tabella 3.15 – Metodo di Condorcet, anno 2019

UNIVERSITA'	CONDORCET 2019
Carnegie Mellon University (USA)	4
ETH Zurich (CH)	4
Georgia Institute of Technology (USA)	4
Harvard University (USA)	4
MIT (USA)	1
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	4
National University of Singapore (SG)	4
Stanford University (USA)	2
University of California, Berkeley (USA)	4
University of Oxford (UK)	2

Tabella 3.16 – Metodo di Condorcet, anno 2020

UNIVERSITA'	CONDORCET
	2020
Carnegie Mellon University (USA)	3
ETH Zurich (CH)	3
Harvard University (USA)	3
MIT (USA)	1
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	3
National University of Singapore (SG)	3
Stanford University (USA)	2
Tsinghua University (CN)	3
University of California, Berkeley (USA)	3
University of Oxford (UK)	3

Dai risultati ottenuti osserviamo che il metodo di Condorcet consente di dare un ordinamento solo alle prime due università, assegnando rispettivamente la prima e la seconda posizione. Per tutte le altre università si ottengono posizioni di indifferenza poiché sono tutte classificate in terza ed ultima posizione. Ad eccezione dell'anno 2019, in cui troviamo due università a pari merito in seconda posizione. È evidente che l'ordinamento realizzato con Condorcet non permette di assegnare ad ogni università una specifica posizione, con la conseguenza di non poter classificare e distinguere le università tra di loro.

Anche per i quattro *Golden Ranking* ottenuti con il metodo di Condorcet è stato applicato il secondo metodo per la gestione del posizionamento a “pari merito” delle università. Come descritto in precedenza, il Metodo 2 consiste nell'assegnare alle università a pari merito la somma delle loro posizioni diviso la numerosità delle università che si trovano in posizione di equivalenza.

È facilmente prevedibile come l'ordinamento finale che si ottiene per gli anni 2017, 2018 e 2020 sia pressoché simile. Questo risultato è legato al fatto che i tre ordinamenti classificano al primo posto una università, al secondo posto un'altra università e al terzo posto ben 8 università. Dunque, sono 8 le università che si trovano in posizioni di equivalenza e, poiché quest'ultime università occupano le posizioni dalle 3 alla 10,

assegniamo ad ognuno di esse un valore dato dal rapporto tra la somma delle posizioni occupate e la numerosità delle università a pari merito:

$$\frac{(3+4+5+6+7+8+9+10)}{8} = 6.5.$$

A titolo d'esempio riportiamo la classifica finale ottenuta per l'anno 2017 in seguito all'applicazione del Metodo 2 per la gestione delle posizioni di equivalenza. Il *Golden Ranking* è rappresentato nella Tabella 3.17.

Tabella 3.17 – Metodo di Condorcet, anno 2017

UNIVERSITA'	CONDORCET 2017
Carnegie Mellon University (USA)	6.5
ETH Zurich (CH)	6.5
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	6.5
Imperial College London (UK)	6.5
MIT (USA)	1
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	6.5
National University of Singapore (SG)	6.5
Stanford University (USA)	2
Tsinghua University (CN)	6.5
University of California, Berkeley (USA)	6.5

Diverso è il caso dell'ordinamento di Condorcet per l'anno 2019 dove le università classificate al secondo posto sono 2 e quelle al terzo posto sono 7. Dunque, il secondo metodo di gestione del posizionamento a pari merito delle università riporta i seguenti risultati:

- l'università classificata al primo posto è una e quindi rimane l'unica al 1° posto.
- Alle due università al secondo posto assegniamo il valore pari alla somma delle due posizioni occupate (seconda e terza) diviso 2: $\frac{(2+3)}{2} = 2.5$.
- Infine, alle università classificate al terzo posto assegniamo il valore seguente:

$$\frac{(4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10)}{7} = 7$$

il risultato si ottiene sommando le posizioni occupate dalle 7 università, dalla quarta alla decima posizione, diviso 7, numero delle università a pari merito.

La Tabella 3.18 mostra l'ordinamento complessivo di Condorcet ottenuto in seguito all'applicazione del Metodo 2.

Tabella 3.18 – Metodo di Condorcet, anno 2019

UNIVERSITA'	CONDORCET 2019
Carnegie Mellon University (USA)	7
ETH Zurich (CH)	7
Georgia Institute of Technology (USA)	7
Harvard University (USA)	7
MIT (USA)	1
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	7
National University of Singapore (SG)	7
Stanford University (USA)	2.5
University of California, Berkeley (USA)	7
University of Oxford (UK)	2.5

Per la visione dell'intera analisi si rimanda all'Allegato 5.

3.2.2. Applicazione Metodo di Condorcet al campione di 100 università

Passiamo al campione di 100 università ottenuto per i quattro anni presi in esame. L'applicazione del metodo di Condorcet segue le stesse fasi descritte per il campione di 10 università. Dunque, lungo le righe e le colonne si riportano le 100 università ricavate in seguito all'estrazione del campione. Per ogni università si effettua un confronto a coppie in modo da valutare, dati i tre ranking QS, THE e ARWU, il numero di volte in cui un'università supera un'altra. Ricavato l'indice di Condorcet I_C per ogni università, otteniamo la classifica finale ordinando le università per valori decrescenti dell'indice.

Nel dettaglio si riportano i calcoli e ogni fase del metodo di Condorcet nell'Allegato 6.

Inoltre, notiamo che anche per il campione da 100 università si ottengono risultati simili a quelli del campione con 10 università. Infatti, il metodo di Condorcet permette di classificare solo le università in prima e in seconda posizione. Le restanti università sono classificate in terza ed ultima posizione, occupando posizioni di equivalenza. Ad eccezione degli anni 2017

e 2019 che riportano due università a pari merito in seconda posizione. Pertanto, le restanti università si trovano a pari merito in quarta posizione. È quindi evidente l'impossibilità di ottenere un ordinamento finale di Condorcet in grado di assegnare ad ogni università una precisa posizione.

Il Metodo 2 per la gestione del posizionamento a pari merito delle università è stato applicato anche al campione delle 100 università.

Per gli anni 2017 e 2019:

- la classifica riporta al primo posto una università che rimane l'unica in prima posizione;
- al secondo posto sono presenti due università e dunque, applicando il secondo metodo, assegniamo ad entrambe un valore pari a 2.5;
- per le restanti università che si trovano a pari merito al terzo posto assegniamo loro un valore dato dal rapporto tra la somma delle posizioni occupate, dalla quarta alla centesima posizione e la numerosità delle università che si trovano in posizione di equivalenza:

$$\frac{(4 + 5 + 6 + \dots + 100)}{97} = 52.$$

Per gli anni 2018 e 2020:

- al primo posto si classifica una sola università e lo stesso avviene per il secondo posto;
- le restanti 98 università si collocano al terzo ed ultimo posto. Applicando il secondo metodo per la gestione delle università a pari merito si ottiene il seguente valore:

$$\frac{(3 + 4 + 5 + \dots + 100)}{98} = 51.5.$$

4. Grado di Correlazione tra Ranking

L'applicazione dei metodi di Borda e Condorcet ha permesso di realizzare diversi *Golden Ranking*, classifiche di riferimento in grado di aggregare in un unico ranking i tre ordinamenti esaminati.

È ovvio che i due metodi hanno dato alla luce due diversi ranking; è quindi necessario procedere con la valutazione dei metodi al fine di individuare quale tra i due è in grado di creare un ordinamento di riferimento il più vicino possibile ai ranking QS, THE e ARWU.

A tal fine, il lavoro di tesi prosegue con la valutazione del grado di correlazione tra gli ordinamenti e i *Golden Ranking*. Si tratta di indicatori di concordanza che permettono di determinare, dato un certo numero di ranking, il grado di accordo o disaccordo tra i ranking e quanto i vari ordinamenti si discostano dall'ordinamento di riferimento ottenuto mediante Borda e Condorcet.

I due indicatori scelti ed analizzati sono:

- W di Kendall
- α di Cronbach

A seconda dei risultati che si ottengono, è possibile valutare in modo oggettivo quanto un gruppo di ordinamenti è raggruppabile insieme in un unico ranking di riferimento.

4.1. W di Kendall

Il coefficiente di concordanza di Kendall prende nome dallo statistico britannico M.G. Kendall che lo sviluppò nel 1939 proponendo la varianza della somma delle posizioni di rango come misura di questa concordanza. Precisamente, il coefficiente W è definito come (Kendall, 1962):

$$W = \frac{S}{\frac{m^2(n^3 - n)}{12}}$$

(1)

- Il termine S nell'equazione (1) corrisponde alla somma dei quadrati delle deviazioni delle somme delle posizioni di rango rispetto al valore medio:

$$S = \sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2.$$

Il primo termine R_i tra parentesi dell' equazione è la somma di posizioni di rango per l'i-esima alternativa: $R_i = \sum_{j=1}^m r_{ij}$ dove r_{ij} rappresenta il rango dell'alternativa A_i , secondo il j-esimo ordinamento, n il numero totale di alternative e m rappresenta il numero totale di ordinamenti.

Il secondo termine tra parentesi nell'equazione è il valore medio del valore R_i : $\bar{R} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R_i$.

- Il termine $\frac{m^2(n^3-n)}{12}$ è il massimo valore possibile di S, che si verifica in caso di completa unanimità nelle classifiche ($W=1$).

Il coefficiente di Kendall è costruito in modo da assumere valori che variano tra 0 e 1. Dunque, W è definito nel dominio [0, 1]: quando i ranking sono puramente casuali si ottiene $W = 0$ e indica l'assenza di concordanza; quando esiste totale accordo tra i ranking il coefficiente W assume valore pari a 1 indicando completa concordanza (*Design decisions: concordance of designers and effects of the Arrow's theorem on the collective preference ranking*, Franceschini& Maisano,2019).

Tornando al caso di studio riguardante il campione di 10 università (n=10) e le tre classifiche QS, THE e ARWU, la Tabella 4.1 mostra i ranghi e il calcolo del termine S per la determinazione del coefficiente per l'anno 2017. Come affermato in precedenza, il coefficiente di Kendall presuppone l'applicazione del Metodo 2 per la gestione delle posizioni di equivalenza.

Tabella 4.1 – Ranghi per le 10 università ottenuti dai tre ranking e termine S, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU	R_i	$(R_i - \bar{R})^2$
Carnegie Mellon University (USA)	10	7	4	21	20.25
ETH Zurich (CH)	3	5	5	13	12.25
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	9	9	9	27	110.25
Imperial College London (UK)	5	3.5	10	18.5	4
MIT (USA)	1	2	1.5	4.5	144
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	4	8	6	18	2.25

National University of Singapore (SG)	6	3.5	8	17.5	1
Stanford University (USA)	2	1	3	6	110.25
Tsinghua University (CN)	7	10	7	24	56.25
University of California, Berkeley (USA)	8	6	1.5	15.5	1

\bar{R}	S
16.5	461.5

Dunque, il termine S è stato determinato mediante la seguente formula:

$$S = \sum_{i=1}^{10} (R_i - \bar{R})^2 = 461.5.$$

Dai calcoli riportati nella tabella precedente si ottiene il coefficiente di concordanza per i tre ranking utilizzando l'equazione (1):

$$W^{(m)} = \frac{461.5}{\frac{3^2(10^3 - 10)}{12}} = 0.622.$$

L'apice "(m)" indica che questo indicatore è determinato considerando i tre ranking QS, THE e ARWU. Il valore di $W^{(m)}$ denota una concordanza media tra le tre classifiche nella valutazione delle 10 università presenti nel campione in esame.

Anche per i tre anni successivi è stato calcolato il coefficiente di Kendall mediante l'equazione (1). La tabella 4.2 mostra i risultati ottenuti per gli anni 2018, 2019 e 2020.

Tabella 4.2 – Coefficiente $W^{(m)}$ di Kendall anni 2018, 2019, 2020

Anno	$W^{(m)}$
2018	0.601
2019	0.594
2020	0.601

Lo step successivo è l'analisi del livello di coerenza tra i tre ranking QS, THE e ARWU e i *Golden Ranking* risultanti dall'applicazione dei modelli di aggregazione di Borda e Condorcet, costruendo il nuovo coefficiente di concordanza $W^{(m+1)}$.

Come esempio riprendiamo l'anno 2017 e mostriamo in Tabella 4.3 la costruzione del coefficiente per il modello di aggregazione di Borda.

Tabella 4.3 – Ranghi per le 10 università ottenuti dai tre ranking + Borda, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU	BORDA	R_i	$(R_i - \bar{R})^2$
Carnegie Mellon University (USA)	10	7	4	8	29	49
ETH Zurich (CH)	3	5	5	3	16	36
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	9	9	9	10	37	225
Imperial College London (UK)	5	3.5	10	6.5	25	9
MIT (USA)	1	2	1.5	1	5.5	272.25
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	4	8	6	6.5	24.5	6.25
National University of Singapore (SG)	6	3.5	8	5	22.5	0.25
Stanford University (USA)	2	1	3	2	8	196
Tsinghua University (CN)	7	10	7	9	33	121
University of California, Berkeley (USA)	8	6	1.5	4	19.5	6.25

\bar{R}	S
22	921

Il coefficiente di concordanza globale $W^{(m+1)}$ per Borda può essere determinato applicando l'equazione (1) ai tre ranking + il *Golden Ranking* ottenuto con Borda:

$$W^{(m+1)} = \frac{921}{\frac{4^2(10^3 - 10)}{12}} = 0.698$$

Per gli anni 2018, 2019 e 2020 si riportano direttamente i risultati ottenuti per il calcolo del coefficiente di Kendall nella Tabella 4.4:

Tabella 4.4 – Coefficiente $W^{(m+1)}$ di Kendall anni 2018, 2019, 2020

Anno	$W^{(m+1)}$
2018	0.677
2019	0.680
2020	0.681

Osserviamo che, per tutti e quattro gli anni presi in considerazione, $W^{(m+1)} > W^{(m)}$ cioè il grado complessivo di concordanza con i tre ranking + Borda è aumentato. Questo risultato è, ancora una volta, confermato da un secondo indicatore sintetico in grado di misurare

l'impatto del modello di aggregazione in uso sull'ordinamento complessivo. Tale indicatore è il seguente:

$$b_i^{(m)} = \frac{W_i^{(m+1)}}{W^m}$$

e si può facilmente dimostrare che $b_i^{(m)} \in]0, \infty[$. Per un certo insieme di m-ranking, se $b_i^{(m)} \geq 1$, significa che il modello di aggregazione i-esimo fornisce un *Golden Ranking* in qualche modo coerente e quindi ha un impatto positivo. Al contrario, se $b_i^{(m)} < 1$, significa che il modello di aggregazione i-esimo fornisce un ranking collettivo in qualche modo incoerente (impatto negativo). Tenendo sott'occhio i risultati ottenuti nell'analisi si osserva come il valore dell'indicatore $b_i^{(m)}$ sia sempre superiore ad 1, dimostrando la coerenza del modello di aggregazione realizzato con il metodo di Borda con i tre ranking QS, THE e ARWU.

L'intera costruzione è stata ripetuta per il modello di aggregazione di Condorcet e i risultati sono mostrati nella Tabella 4.5:

Tabella 4.5– Ranghi per le 10 università ottenuti dai tre ranking + Condorcet, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU	CONDORCET	R_i	$(R_i - \bar{R})^2$
Carnegie Mellon University (USA)	10	7	4	6.5	27.5	30.25
ETH Zurich (CH)	3	5	5	6.5	19.5	6.25
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	9	9	9	6.5	33.5	132.25
Imperial College London (UK)	5	3.5	10	6.5	25	9
MIT (USA)	1	2	1.5	1	5.5	272.25
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	4	8	6	6.5	24.5	6.25
National University of Singapore (SG)	6	3.5	8	6.5	24	4
Stanford University (USA)	2	1	3	2	8	196
Tsinghua University (CN)	7	10	7	6.5	30.5	72.25
University of California, Berkeley (USA)	8	6	1.5	6.5	22	0
					\bar{R}	S
					22	728.5

Il coefficiente di concordanza globale $W^{(m+1)}$ per Condorcet può essere determinato applicando l'equazione (1) ai tre ranking + il *Golden Ranking* ottenuto con Condorcet:

$$W^{(m+1)} = \frac{728.5}{\frac{4^2(10^3 - 10)}{12}} = 0.552$$

Per gli anni 2018, 2019 e 2020 si riportano direttamente i risultati ottenuti per il calcolo del coefficiente di Kendall nella Tabella 4.6:

Tabella 4.6 – Coefficiente $W^{(m+1)}$ di Kendall anni 2018,2019, 2020

Anno	$W^{(m+1)}$
2018	0.543
2019	0.563
2020	0.535

In questo caso, per i quattro anni presi in considerazione, si raggiunge sempre il seguente risultato: $W^{(m+1)} < W^{(m)}$, cioè il grado di concordanza che si ottiene con i tre ranking + Condorcet è diminuito. Di conseguenza, è ovvio che il valore dell'indicatore $b_i^{(m)}$ è minore di 1. I risultati raggiunti stanno a significare che il modello di aggregazione fornito da Condorcet ha un impatto negativo e in qualche modo si discosta dai ranking di partenza.

A conclusione dell'analisi, per un insieme specifico di m-ranking, l'indicatore $b_i^{(m)}$ permette di identificare il modello di aggregazione più coerente, ovvero quello con:

$$b^{(m)*} = \max_i b_i^{(m)}$$

Nel caso di studio, il valore di $b_i^{(m)}$ che si ottiene con il modello di Condorcet non solo è minore di quello ottenuto con Borda ma è anche inferiore ad 1. Dunque, senza dubbio il metodo di Borda è il modello di aggregazione che produce il *Golden Ranking* che meglio riflette i tre ranking.

Si rimanda all'Allegato 7 per la visione di ogni fase dello sviluppo del coefficiente di Kendall per il campione di 10 università.

Una volta terminato lo studio sul campione di dieci università, estendiamo l'analisi e consideriamo il campione di 100 università. Ripetiamo l'intera costruzione del coefficiente di Kendall seguendo le stesse fasi descritte precedentemente:

1. calcolare il coefficiente W^m di Kendall considerando i tre ranking di partenza QS, THE e ARWU.
2. Analizzare il livello di coerenza tra i tre ranking QS, THE e ARWU e i *Golden Ranking*:
 - I. Calcolo del coefficiente di concordanza $W^{(m+1)}$ per Borda
 - II. Calcolo del coefficiente di concordanza $W^{(m+1)}$ per Condorcet
3. Scegliere il modello di aggregazione tra Borda e Condorcet valutando la seguente relazione:

$$W^{(m+1)} > W^m \text{ oppure il contrario.}$$

L'analisi è stata effettuata per tutti e quattro gli anni presi in esame. Come esempio, riportiamo nel dettaglio i calcoli e i risultati ottenuti per l'anno 2017.

1. La Tabella 4.8 mostra il campione di 100 università (n=100), i tre ranking (m=3) e il calcolo dei termini necessari per ottenere la W^m .

Tabella 4.8 – Ranghi per le 100 università ottenuti dai tre ranking, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU	R_i	$(R_i - \bar{R})^2$
Aalborg University (DK)	70	80.5	86	236.5	7225
California Institute of Technology (USA)	26	1	49.5	76.5	5625
Carnegie Mellon University (USA)	31.5	15	6	52.5	9801
CentraleSupélec (FR)	65	72	86	223	5112.25
City University of Hong Kong (HK)	58	55	23	136	240.25
Columbia University (USA)	71	26	86	183	992.25
Cornell University (USA)	57	22	17	96	3080.25
Delft University of Technology (NL)	22.5	20	49.5	92	3540.25
Ecole Polytechnique (FR)	67.5	58	86	211.5	3600
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (FR)	12	11	86	109	1806.25
Eindhoven University of Technology (NL)	87.5	64.5	52.5	204.5	2809
ETH Zurich (CH)	4	9	8	21	17030.25
Fudan University (CN)	49.5	66.5	86	202	2550.25
Georgia Institute of Technology (USA)	24	13.5	37	74.5	5929
Harbin Institute of Technology (CN)	87.5	91	28	206.5	3025
Harvard University (USA)	13	91	5	109	1806.25

Huazhong University of Science and Technology (CN)	87.5	91	24	202.5	2601
Imperial College London (UK)	6	7.5	35	48.5	10609
Johns Hopkins University (USA)	87.5	42	86	215.5	4096
KAIST-Korea Advanced Institute of Science & Technology (KR)	15	30	86	131	420.25
King Abdulaziz University (SA)	87.5	91	31	209.5	3364
KIT, Karlsruhe Institute of Technology (DE)	49.5	57	86	192.5	1681
KTH Royal Institute of Technology (SE)	41.5	36	51	128.5	529
KU Leuven (BE)	59.5	34	27	120.5	961
Kyoto University (JP)	21	47	86	154	6.25
Massachusetts Institute of Technology (USA)	1	4	1.5	6.5	21025
McGill University (CA)	67.5	51	86	204.5	2809
Monash University (AU)	37	45	86	168	272.25
Nanjing University of Information Science & Technology (CN)	74	77	52.5	203.5	2704
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	5	18	18	41	12210.25
National Taiwan University (TW)	19	71	86	176	600.25
National Tsing Hua University (TW)	33.5	91	86	210.5	3481
National University of Singapore (SG)	7	7.5	21	35.5	13456
New York University (USA)	87.5	78.5	54	220	4692.25
Northwestern University (USA)	73	21	86	180	812.25
Osaka University (JP)	44.5	91	86	221.5	4900
Peking University (CN)	20	12	55	87	4160.25
Pennsylvania State University (USA)	87.5	48	65	200.5	2401
Pohang University of Science and Technology (KR)	44.5	40.5	86	171	380.25
Politecnico di Milano (IT)	17.5	74	56	147.5	16
Politecnico di Torino (IT)	33.5	91	86	210.5	3481
Princeton University (USA)	38	6	9	53	9702.25
Purdue University-West Lafayette (USA)	65	27	47	139	156.25
RWTH Aachen University (DE)	31.5	29	66	126.5	625
Seoul National University (KR)	16	32	86	134	306.25
Shanghai Jiao Tong University (CN)	29	52.5	30	111.5	1600
Southeast University (BD)	87.5	91	3.5	182	930.25

Stanford University (USA)	2	2	3.5	7.5	20736
Sungkyunkwan University (KR)	61	50	86	197	2070.25
Swiss Federal Institute of Technoly Lausanne (CH)	87.5	91	26	204.5	2809
Technical University of Berlin (DE)	39.5	40.5	67	147	20.25
Technical University of Denmark (DK)	51.5	52.5	86	190	1482.25
Technical University of Munich (DE)	25	28	57	110	1722.25
The Australian National University (AU)	46.5	91	39	176.5	625
The Chinese University of Hong Kong (HK)	41.5	68.5	58	168	272.25
The Hong Kong Polytechnic University (HK)	53.5	68.5	25	147	20.25
The Hong Kong University of Science and Technology (HK)	17.5	19	38	74.5	5929
The University of Adelaide (AU)	87.5	91	43	221.5	4900
The University of Edinburgh (UK)	65	56	16	137	210.25
The University of Manchester (UK)	51.5	37	86	174.5	529
The University of Melbourne (AU)	27.5	61.5	32	121	930.25
The University of New South Wales (AU)	27.5	91	41	159.5	64
The University of Queensland (AU)	59.5	64.5	59	183	992.25
The University of Tokyo (JP)	8.5	35	86	129.5	484
Tohoku University (JP)	48	54	86	188	1332.25
Tokyo Institute of Technology (JP)	14	59	86	159	56.25
Tsinghua University (CN)	10	23	20	53	9702.25
UCL (UK)	55.5	38.5	86	180	812.25
Universitat Stuttgart (DE)	72	78.5	86	236.5	7225
University College London (UK)	87.5	91	36	214.5	3969
University of Alberta (CA)	87.5	76	60	223.5	5184
University of British Columbia (CA)	62.5	60	41	163.5	144
University of California, Berkeley (USA)	11	10	1.5	22.5	16641
University of California, Los Angeles (USA)	35.5	13.5	7	56	9120.25
University of California, San Diego (USA)	87.5	44	41	172.5	441
University of California, Santa Barbara (USA)	87.5	24	86	197.5	2116
University of Cambridge (UK)	3	5	44	52	9900.25
University of Copenhagen (DK)	87.5	91	12	190.5	1521
University of Granada (ES)	87.5	91	34	212.5	3721
University of Hong Kong (HK)	30	33	86	149	6.25

University of Illinois at Urbana Champaign (USA)	46.5	16	29	91.5	3600
University of Malaya (MY)	22.5	91	61	174.5	529
University of Maryland, College Park (USA)	87.5	66.5	46	200	2352.25
University of Michigan-Ann Arbor (USA)	53.5	17	48	118.5	1089
University of Minnesota (USA)	87.5	61.5	69	218	4422.25
University of North Carolina at Chapel Hill (USA)	87.5	91	19	197.5	2116
University of Oslo (NO)	87.5	91	13	191.5	1600
University of Oxford (UK)	8.5	3	62	73.5	6084
University of Science and Technology of China (CN)	69	38.5	45	152.5	1
University of Sheffield (UK)	87.5	80.5	68	236	7140.25
University of Southern California (USA)	87.5	49	10	146.5	25
University of Sydney (AU)	39.5	75	63	177.5	676
University of Texas at Austin (USA)	55.5	25	15	95.5	3136
University of Toronto (CA)	43	31	14	88	4032.25
University of Washington (USA)	87.5	43	70	200.5	2401
University of Waterloo (CA)	62.5	70	33	165.5	196
University of Wisconsin-Madison (USA)	87.5	46	64	197.5	2116
Virginia Polytechnic Institute and State University (USA)	87.5	73	71	231.5	6400
Weizmann Institute of Science (IL)	87.5	91	11	189.5	1444
Zhejiang University (CN)	35.5	63	22	120.5	961

\bar{R}	S
151.5	347944.5

Dunque, dai calcoli riportati nella tabella precedente è possibile determinare immediatamente il coefficiente di concordanza per gli m-ranking utilizzando l'equazione (1):

$$W^{(m)} = \frac{347944.5}{\frac{3^2(100^3 - 100)}{12}} = 0.464$$

Anche per i tre anni successivi è stato calcolato il coefficiente di Kendall mediante l'equazione (1). La tabella 4.9 mostra i risultati ottenuti per gli anni 2018, 2019 e 2020.

Tabella 4.9 – Coefficiente $W^{(m)}$ di Kendall anni 2018, 2019, 2020

Anno	$W^{(m)}$
2018	0.522
2019	0.611
2020	0.588

2. La seconda fase consiste nell'analizzare il livello di coerenza tra i tre ranking QS, THE e ARWU e i *Golden Ranking* risultanti dall'applicazione dei modelli di aggregazione di Borda e Condorcet, costruendo il nuovo coefficiente di concordanza $W^{(m+1)}$.

I. La Tabella 4.10 mostra i calcoli effettuati per la costruzione del coefficiente per il modello di aggregazione di Borda per l'anno 2017.

Tabella 4.10 – Ranghi per le 100 università ottenuti dai tre ranking + Borda, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU	BORDA	R_i	$(R_i - \bar{R})^2$
Aalborg University (DK)	70	80.5	86	99.5	336	17956
California Institute of Technology (USA)	26	1	49.5	16	92.5	11990.25
Carnegie Mellon University (USA)	31.5	15	6	9	61.5	19740.25
CentraleSupélec (FR)	65	72	86	95	318	13456
City University of Hong Kong (HK)	58	55	23	36	172	900
Columbia University (USA)	71	26	86	62.5	245.5	1892.25
Cornell University (USA)	57	22	17	22	118	7056
Delft University of Technology (NL)	22.5	20	49.5	20	112	8100
Ecole Polytechnique (FR)	67.5	58	86	87	298.5	9312.25
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (FR)	12	11	86	23.5	132.5	4830.25
Eindhoven University of Technology (NL)	87.5	64.5	52.5	81	285.5	6972.25
ETH Zurich (CH)	4	9	8	3	24	31684
Fudan University (CN)	49.5	66.5	86	77	279	5929
Georgia Institute of Technology (USA)	24	13.5	37	14.5	89	12769
Harbin Institute of Technology (CN)	87.5	91	28	83	289.5	7656.25
Harvard University (USA)	13	91	5	23.5	132.5	4830.25
Huazhong University of Science and Technology (CN)	87.5	91	24	78	280.5	6162.25

Imperial College London (UK)	6	7.5	35	7	55.5	21462.25
Johns Hopkins University (USA)	87.5	42	86	90	305.5	10712.25
KAIST-Korea Advanced Institute of Science & Technology (KR)	15	30	86	34	165	1369
King Abdulaziz University (SA)	87.5	91	31	84	293.5	8372.25
KIT, Karlsruhe Institute of Technology (DE)	49.5	57	86	69	261.5	3540.25
KTH Royal Institute of Technology (SE)	41.5	36	51	32	160.5	1722.25
KU Leuven (BE)	59.5	34	27	28.5	149	2809
Kyoto University (JP)	21	47	86	45	199	9
Massachusetts Institute of Technology (USA)	1	4	1.5	1	7.5	37830.25
McGill University (CA)	67.5	51	86	81	285.5	6972.25
Monash University (AU)	37	45	86	50.5	218.5	272.25
Nanjing University of Information Science & Technology (CN)	74	77	52.5	79	282.5	6480.25
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	5	18	18	6	47	24025
National Taiwan University (TW)	19	71	86	56	232	900
National Tsing Hua University (TW)	33.5	91	86	85.5	296	8836
National University of Singapore (SG)	7	7.5	21	5	40.5	26082.25
New York University (USA)	87.5	78.5	54	92	312	12100
Northwestern University (USA)	73	21	86	59.5	239.5	1406.25
Osaka University (JP)	44.5	91	86	93.5	315	12769
Peking University (CN)	20	12	55	17	104	9604
Pennsylvania State University (USA)	87.5	48	65	75.5	276	5476
Pohang University of Science and Technology (KR)	44.5	40.5	86	52	223	441
Politecnico di Milano (IT)	17.5	74	56	42	189.5	156.25
Politecnico di Torino (IT)	33.5	91	86	85.5	296	8836
Princeton University (USA)	38	6	9	10.5	63.5	19182.25
Purdue University-West Lafayette (USA)	65	27	47	38	177	625
RWTH Aachen University (DE)	31.5	29	66	31	157.5	1980.25
Seoul National University (KR)	16	32	86	35	169	1089
Shanghai Jiao Tong University (CN)	29	52.5	30	26	137.5	4160.25
Southeast University (BD)	87.5	91	3.5	61	243	1681

Stanford University (USA)	2	2	3.5	2	9.5	37056.25
Sungkyunkwan University (KR)	61	50	86	70	267	4225
Swiss Federal Institute of Technoly Lausanne (CH)	87.5	91	26	81	285.5	6972.25
Technical University of Berlin (DE)	39.5	40.5	67	40.5	187.5	210.25
Technical University of Denmark (DK)	51.5	52.5	86	66	256	2916
Technical University of Munich (DE)	25	28	57	25	135	4489
The Australian National University (AU)	46.5	91	39	57	233.5	992.25
The Chinese University of Hong Kong (HK)	41.5	68.5	58	50.5	218.5	272.25
The Hong Kong Polytechnic University (HK)	53.5	68.5	25	40.5	187.5	210.25
The Hong Kong University of Science and Technology (HK)	17.5	19	38	14.5	89	12769
The University of Adelaide (AU)	87.5	91	43	93.5	315	12769
The University of Edinburgh (UK)	65	56	16	37	174	784
The University of Manchester (UK)	51.5	37	86	54.5	229	729
The University of Melbourne (AU)	27.5	61.5	32	30	151	2601
The University of New South Wales (AU)	27.5	91	41	47	206.5	20.25
The University of Queensland (AU)	59.5	64.5	59	62.5	245.5	1892.25
The University of Tokyo (JP)	8.5	35	86	33	162.5	1560.25
Tohoku University (JP)	48	54	86	64	252	2500
Tokyo Institute of Technology (JP)	14	59	86	46	205	9
Tsinghua University (CN)	10	23	20	10.5	63.5	19182.25
UCL (UK)	55.5	38.5	86	59.5	239.5	1406.25
Universitat Stuttgart (DE)	72	78.5	86	99.5	336	17956
University College London (UK)	87.5	91	36	89	303.5	10302.25
University of Alberta (CA)	87.5	76	60	96	319.5	13806.25
University of British Columbia (CA)	62.5	60	41	48	211.5	90.25
University of California, Berkeley (USA)	11	10	1.5	4	26.5	30800.25
University of California, Los Angeles (USA)	35.5	13.5	7	12	68	17956
University of California, San Diego (USA)	87.5	44	41	53	225.5	552.25

University of California, Santa Barbara (USA)	87.5	24	86	72	269.5	4556.25
University of Cambridge (UK)	3	5	44	8	60	20164
University of Copenhagen (DK)	87.5	91	12	67	257.5	3080.25
University of Granada (ES)	87.5	91	34	88	300.5	9702.25
University of Hong Kong (HK)	30	33	86	43	192	100
University of Illinois at Urbana Champaign (USA)	46.5	16	29	19	110.5	8372.25
University of Malaya (MY)	22.5	91	61	54.5	229	729
University of Maryland, College Park (USA)	87.5	66.5	46	74	274	5184
University of Michigan-Ann Arbor (USA)	53.5	17	48	27	145.5	3192.25
University of Minnesota (USA)	87.5	61.5	69	91	309	11449
University of North Carolina at Chapel Hill (USA)	87.5	91	19	72	269.5	4556.25
University of Oslo (NO)	87.5	91	13	68	259.5	3306.25
University of Oxford (UK)	8.5	3	62	13	86.5	13340.25
University of Science and Technology of China (CN)	69	38.5	45	44	196.5	30.25
University of Sheffield (UK)	87.5	80.5	68	98	334	17424
University of Southern California (USA)	87.5	49	10	39	185.5	272.25
University of Sydney (AU)	39.5	75	63	58	235.5	1122.25
University of Texas at Austin (USA)	55.5	25	15	21	116.5	7310.25
University of Toronto (CA)	43	31	14	18	106	9216
University of Washington (USA)	87.5	43	70	75.5	276	5476
University of Waterloo (CA)	62.5	70	33	49	214.5	156.25
University of Wisconsin-Madison (USA)	87.5	46	64	72	269.5	4556.25
Virginia Polytechnic Institute and State University (USA)	87.5	73	71	97	328.5	16002.25
Weizmann Institute of Science (IL)	87.5	91	11	65	254.5	2756.25
Zhejiang University (CN)	35.5	63	22	28.5	149	2809

\bar{R} **S**
202 772029

Il coefficiente di concordanza globale $W^{(m+1)}$ per Borda può essere ottenuto applicando l'equazione (1) ai tre ranking + il *Golden Ranking* ottenuto con Borda:

$$W^{(m+1)} = \frac{772029}{\frac{4^2(100^3 - 100)}{12}} = 0.579$$

Per gli anni 2018, 2019 e 2020 si riportano direttamente i risultati ottenuti per il calcolo del coefficiente di Kendall nella Tabella 4.11:

Tabella 4.11 – Coefficiente $W^{(m+1)}$ di Kendall anni 2018,2019, 2020

Anno	$W^{(m+1)}$
2018	0.620
2019	0.690
2020	0.670

Dalla lettura dei dati riportati nelle due tabelle precedenti è possibile constatare che per tutti e quattro gli anni presi in considerazione la relazione $W^{(m+1)} > W^{(m)}$ è soddisfatta. Vale a dire che il coefficiente di Kendall ottenuto con i tre ranking + Borda è superiore al coefficiente ottenuto considerando esclusivamente i tre ranking di partenza e quindi il grado complessivo di concordanza con il modello di aggregazione di Borda è aumentato. Dunque, il modello fornisce un *Golden Ranking* in qualche modo coerente con i singoli ordinamenti e quindi ha un impatto positivo sull'ordinamento finale.

II. Ripetiamo il calcolo del coefficiente di Kendall per il modello di aggregazione di Condorcet e i risultati sono mostrati nella Tabella 4.12:

Tabella 4.12 – Ranghi per le 100 università ottenuti dai tre ranking + Condorcet, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU	CONDORCET	R_i	$(R_i - \bar{R})^2$
Aalborg University (DK)	70	80.5	86	52	288.5	7482.25
California Institute of Technology (USA)	26	1	49.5	2.5	79	15129
Carnegie Mellon University (USA)	31.5	15	6	52	104.5	9506.25
CentraleSupélec (FR)	65	72	86	52	275	5329
City University of Hong Kong (HK)	58	55	23	52	188	196
Columbia University (USA)	71	26	86	52	235	1089
Cornell University (USA)	57	22	17	52	148	2916
Delft University of Technology (NL)	22.5	20	49.5	52	144	3364

Ecole Polytechnique (FR)	67.5	58	86	52	263.5	3782.25
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (FR)	12	11	86	52	161	1681
Eindhoven University of Technology (NL)	87.5	64.5	52.5	52	256.5	2970.25
ETH Zurich (CH)	4	9	8	52	73	16641
Fudan University (CN)	49.5	66.5	86	52	254	2704
Georgia Institute of Technology (USA)	24	13.5	37	52	126.5	5700.25
Harbin Institute of Technology (CN)	87.5	91	28	52	258.5	3192.25
Harvard University (USA)	13	91	5	52	161	1681
Huazhong University of Science and Technology (CN)	87.5	91	24	52	254.5	2756.25
Imperial College London (UK)	6	7.5	35	52	100.5	10302.25
Johns Hopkins University (USA)	87.5	42	86	52	267.5	4290.25
KAIST-Korea Advanced Institute of Science & Technology (KR)	15	30	86	52	183	361
King Abdulaziz University (SA)	87.5	91	31	52	261.5	3540.25
KIT, Karlsruhe Institute of Technology (DE)	49.5	57	86	52	244.5	1806.25
KTH Royal Institute of Technology (SE)	41.5	36	51	52	180.5	462.25
KU Leuven (BE)	59.5	34	27	52	172.5	870.25
Kyoto University (JP)	21	47	86	52	206	16
Massachusetts Institute of Technology (USA)	1	4	1.5	1	7.5	37830.25
McGill University (CA)	67.5	51	86	52	256.5	2970.25
Monash University (AU)	37	45	86	52	220	324
Nanjing University of Information Science & Technology (CN)	74	77	52.5	52	255.5	2862.25
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	5	18	18	52	93	11881
National Taiwan University (TW)	19	71	86	52	228	676
National Tsing Hua University (TW)	33.5	91	86	52	262.5	3660.25
National University of Singapore (SG)	7	7.5	21	52	87.5	13110.25
New York University (USA)	87.5	78.5	54	52	272	4900

Northwestern University (USA)	73	21	86	52	232	900
Osaka University (JP)	44.5	91	86	52	273.5	5112.25
Peking University (CN)	20	12	55	52	139	3969
Pennsylvania State University (USA)	87.5	48	65	52	252.5	2550.25
Pohang University of Science and Technology (KR)	44.5	40.5	86	52	223	441
Politecnico di Milano (IT)	17.5	74	56	52	199.5	6.25
Politecnico di Torino (IT)	33.5	91	86	52	262.5	3660.25
Princeton University (USA)	38	6	9	52	105	9409
Purdue University-West Lafayette (USA)	65	27	47	52	191	121
RWTH Aachen University (DE)	31.5	29	66	52	178.5	552.25
Seoul National University (KR)	16	32	86	52	186	256
Shanghai Jiao Tong University (CN)	29	52.5	30	52	163.5	1482.25
Southeast University (BD)	87.5	91	3.5	52	234	1024
Stanford University (USA)	2	2	3.5	2.5	10	36864
Sungkyunkwan University (KR)	61	50	86	52	249	2209
Swiss Federal Institute of Technoly Lausanne (CH)	87.5	91	26	52	256.5	2970.25
Technical University of Berlin (DE)	39.5	40.5	67	52	199	9
Technical University of Denmark (DK)	51.5	52.5	86	52	242	1600
Technical University of Munich (DE)	25	28	57	52	162	1600
The Australian National University (AU)	46.5	91	39	52	228.5	702.25
The Chinese University of Hong Kong (HK)	41.5	68.5	58	52	220	324
The Hong Kong Polytechnic University (HK)	53.5	68.5	25	52	199	9
The Hong Kong University of Science and Technology (HK)	17.5	19	38	52	126.5	5700.25
The University of Adelaide (AU)	87.5	91	43	52	273.5	5112.25
The University of Edinburgh (UK)	65	56	16	52	189	169
The University of Manchester (UK)	51.5	37	86	52	226.5	600.25
The University of Melbourne (AU)	27.5	61.5	32	52	173	841
The University of New South Wales (AU)	27.5	91	41	52	211.5	90.25

The University of Queensland (AU)	59.5	64.5	59	52	235	1089
The University of Tokyo (JP)	8.5	35	86	52	181.5	420.25
Tohoku University (JP)	48	54	86	52	240	1444
Tokyo Institute of Technology (JP)	14	59	86	52	211	81
Tsinghua University (CN)	10	23	20	52	105	9409
UCL (UK)	55.5	38.5	86	52	232	900
Universitat Stuttgart (DE)	72	78.5	86	52	288.5	7482.25
University College London (UK)	87.5	91	36	52	266.5	4160.25
University of Alberta (CA)	87.5	76	60	52	275.5	5402.25
University of British Columbia (CA)	62.5	60	41	52	215.5	182.25
University of California, Berkeley (USA)	11	10	1.5	52	74.5	16256.25
University of California, Los Angeles (USA)	35.5	13.5	7	52	108	8836
University of California, San Diego (USA)	87.5	44	41	52	224.5	506.25
University of California, Santa Barbara (USA)	87.5	24	86	52	249.5	2256.25
University of Cambridge (UK)	3	5	44	52	104	9604
University of Copenhagen (DK)	87.5	91	12	52	242.5	1640.25
University of Granada (ES)	87.5	91	34	52	264.5	3906.25
University of Hong Kong (HK)	30	33	86	52	201	1
University of Illinois at Urbana Champaign (USA)	46.5	16	29	52	143.5	3422.25
University of Malaya (MY)	22.5	91	61	52	226.5	600.25
University of Maryland, College Park (USA)	87.5	66.5	46	52	252	2500
University of Michigan-Ann Arbor (USA)	53.5	17	48	52	170.5	992.25
University of Minnesota (USA)	87.5	61.5	69	52	270	4624
University of North Carolina at Chapel Hill (USA)	87.5	91	19	52	249.5	2256.25
University of Oslo (NO)	87.5	91	13	52	243.5	1722.25
University of Oxford (UK)	8.5	3	62	52	125.5	5852.25
University of Science and Technology of China (CN)	69	38.5	45	52	204.5	6.25
University of Sheffield (UK)	87.5	80.5	68	52	288	7396

University of Southern California (USA)	87.5	49	10	52	198.5	12.25
University of Sydney (AU)	39.5	75	63	52	229.5	756.25
University of Texas at Austin (USA)	55.5	25	15	52	147.5	2970.25
University of Toronto (CA)	43	31	14	52	140	3844
University of Washington (USA)	87.5	43	70	52	252.5	2550.25
University of Waterloo (CA)	62.5	70	33	52	217.5	240.25
University of Wisconsin-Madison (USA)	87.5	46	64	52	249.5	2256.25
Virginia Polytechnic Institute and State University (USA)	87.5	73	71	52	283.5	6642.25
Weizmann Institute of Science (IL)	87.5	91	11	52	241.5	1560.25
Zhejiang University (CN)	35.5	63	22	52	172.5	870.25

\bar{R}	S
202	398917

Il coefficiente di concordanza globale $W^{(m+1)}$ per Condorcet può essere ottenuto applicando l'equazione (1) ai tre ranking + il *Golden Ranking* ottenuto con Condorcet:

$$W^{(m+1)} = \frac{398917}{\frac{4^2(100^3 - 100)}{12}} = 0.299$$

Per gli anni 2018, 2019 e 2020 si riportano direttamente i risultati ottenuti per il calcolo del coefficiente di Kendall nella Tabella 4.13:

Tabella 4.13 – Coefficiente $W^{(m+1)}$ di Kendall anni 2018,2019, 2020

Anno	$W^{(m+1)}$
2018	0.307
2019	0.381
2020	0.356

Osservando i valori ottenuti per i quattro anni esaminati, è possibile notare che la relazione $W^{(m+1)} > W^{(m)}$ non è più soddisfatta. Il grado complessivo di concordanza ottenuto con Condorcet diminuisce poiché il valore dei coefficienti $W^{(m+1)}$ è minore del valore raggiunto nel caso in cui si considerano i tre ranking QS, THE e ARWU. Pertanto, il metodo di Condorcet fornisce un *Golden Ranking* in qualche modo incoerente, si discosta dai ranking iniziali e ha un impatto negativo sull'ordinamento complessivo.

3. Nella terza ed ultima fase avviene la scelta tra i due modelli di aggregazione. Accettare l'uno o l'altro modello dipende dal valore che assume l'indicatore $b_i^{(m)}$ poiché permette di misurare qual è l'impatto di un modello di sintesi sull'ordinamento complessivo. Sappiamo che l'indicatore è dato dal seguente rapporto:

$$b_i^{(m)} = \frac{W_i^{(m+1)}}{W^m}$$

e che ha un dominio compreso tra 0 e ∞ esclusi.

Pertanto, nel caso di Borda tale valore è superiore ad 1 dato che la condizione $W^{(m+1)} > W^{(m)}$ è sempre soddisfatta. Ciò significa che il metodo di Borda consente di realizzare un *Golden Ranking* coerente ai tre ranking di partenza e rappresenta un modello di sintesi plausibile.

Viceversa, il modello di Condorcet sembra avere un impatto negativo in quanto la condizione non è soddisfatta e quindi si ottiene un valore dell'indicatore sintetico $b_i^{(m)}$ inferiore a 1.

Dunque, dato un insieme specifico di m-ranking, l'indicatore $b_i^{(m)}$ permette di identificare il modello di aggregazione più coerente, ovvero quello con:

$$b^{(m)*} = \max_i b_i^{(m)}$$

Nel caso in esame, il valore di $b_i^{(m)}$ che si ottiene con il modello di Condorcet non solo è minore di quello ottenuto con Borda ma è anche inferiore ad 1. Dunque, senza dubbio il metodo di Borda è il modello di aggregazione che produce il *Golden Ranking* che meglio riflette i tre ordinamenti iniziali.

L'Allegato 8 mostra nel dettaglio i calcoli per la determinazione del coefficiente W di Kendall nel caso del campione di 100 università.

4.1.1. Misura della distanza tra ranking

I valori del coefficiente di Kendall hanno dimostrato la capacità del metodo di Borda di produrre un ordinamento complessivo in grado di aggregare i ranking di partenza. La seguente analisi ha l'obiettivo di effettuare un confronto a coppia per valutare quale tra i tre ranking di partenza si avvicina di più al *Golden Ranking* di Borda.

Dunque, per ognuno dei tre ranking in esame (QS, THE, ARWU) è stata effettuata un'analisi comparata con il ranking di riferimento in modo da misurare la distanza tra i ranking e valutare il grado di correlazione tra un ranking e il ranking complessivo.

Tale misura è stata calcolata mediante il coefficiente W di Kendall, che mette in luce l'intensità e il grado di concordanza tra due ranking. Il coefficiente è costruito in modo da assumere valori che variano tra 0 e 1: quando esiste un totale accordo, il W è pari a 1; viceversa quando i ranking sono puramente casuali, il valore che si ottiene è 0.

L'analisi è stata condotta prendendo in esame l'anno 2020 ed i valori prodotti indicano un grado di concordanza piuttosto elevato tra i vari ranking e il ranking di riferimento (Tabella 4.16).

Tabella 4.16 – Misura distanza tra ranking, anno 2020

QS		THE		ARWU	
<i>Golden Ranking</i>	$W = 0.899$	<i>Golden Ranking</i>	$W = 0.939$	<i>Golden Ranking</i>	$W = 0.758$

Infatti, i risultati ottenuti riportano valori del coefficiente W di Kendall su un range compreso tra 0.75 e 0.95, implicando una forte correlazione tra i ranking e l'ordinamento complessivo ottenuto con il metodo di Borda. In particolare, il Times Higher Education Ranking riporta un valore del coefficiente di Kendall più elevato rispetto agli altri due ranking analizzati. Tale valore è circa pari a 0.94, mostrando dunque la maggiore concordanza con il ranking di riferimento. Anche per il ranking QS si ottiene un valore del coefficiente W molto elevato, che mostra la forte correlazione con il ranking complessivo. Viceversa, l'ARWU si classifica all'ultimo posto presentando un valore del coefficiente W pari a 0.758.

L'Allegato 9 riporta nel dettaglio i calcoli effettuati per la determinazione della distanza tra i ranking.

4.2. α di Cronbach

Il coefficiente di concordanza α di Cronbach prende il nome dal suo ideatore, il pedagogista statunitense Lee Cronbach, che lo propose per primo nel 1951 per valutare in modo oggettivo la validità dei test pedagogici e psicologici.

L' α di Cronbach esprime una misura del peso relativo della variabilità associata agli item rispetto alla variabilità associata alla loro somma. Si considera, dunque, la matrice di varianza e covarianza in cui sulla diagonale principale sono presenti le varianze di ogni item σ_i^2 e fuori dalla diagonale sono presenti le covarianze tra item σ_{ij} . Le varianze σ_i^2 rappresentano variazioni che ciascun item condivide con se stesso, si possono dunque definire uniche per ogni item. Al contrario i termini σ_{ij} rappresentano variazioni condivise tra item. La somma di tutti gli elementi presenti nella matrice rappresenta la varianza totale σ_x^2 .

Il coefficiente di Cronbach risulta pari a :

$$\alpha = \frac{k}{k-1} \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k \sigma_i^2}{\sigma_x^2} \right) \quad (2)$$

in cui:

- k = numero di item,
- σ_i^2 = varianza di ciascun item,
- σ_x^2 = varianza totale del test.

Perciò, l' α di Cronbach dipende dalla media delle intercorrelazioni tra tutti gli item del test, e dalla relazione di ogni item del test con il punteggio totale. Permette di misurare la consistenza interna di un test determinando se le risposte fornite ai vari item sono tra loro consistenti, ossia in relazione le une con le altre.

Applicando il metodo al caso di studio, k rappresenta il numero degli ordinamenti formulati dai vari organismi (QS, THE, ARWU). Si procede con il calcolo della correlazione di ciascun ordinamento e in seguito la correlazione di un ordinamento con tutti gli altri ottenendo un gran numero di coefficienti di correlazione. Il valore dell' α è la media di tutti i coefficienti di correlazione.

Ad esempio, dati 3 organismi ($k=3$) e 5 alternative $\{A_1, A_2, A_3, A_4, A_5\}$. Ogni organismo formula un ordinamento che ha la seguente forma:

$$R_1 = \{A_4 \sim A_5 > A_2 > A_3 > A_1\}$$

$$R_2 = \{A_4 > A_5 > A_3 > A_1 > A_2\}$$

$$R_3 = \{A_4 \sim A_5 \sim A_3 > A_1 > A_2\}$$

Associamo ad ogni ordinamento un vettore che indica le posizioni ordinali occupate dalle alternative e calcoliamo il valore medio \bar{v}_i :

$$v_1 = \{5, 3, 4, 1, 1\} \text{ con } \bar{v}_1 = 2.8$$

$$v_2 = \{4, 5, 3, 1, 2\} \text{ con } \bar{v}_2 = 3$$

$$v_3 = \{4, 5, 1, 1, 1\} \text{ con } \bar{v}_3 = 2.4.$$

Per ciascun ordinamento si procede con il calcolo della varianza $\sigma_i^2 = \frac{\sum_{j=1}^5 (v_j - \bar{v}_i)^2}{j}$:

$$\sigma_1^2 = 2.56$$

$$\sigma_2^2 = 2$$

$$\sigma_3^2 = 3.04$$

Dunque, il termine al numeratore tra parentesi nell'equazione (2) è pari a $\sum_{i=1}^k \sigma_i^2 = 7.6$.

Per determinare la varianza totale è necessario calcolare le posizioni occupate da ogni alternativa nei 3 ordinamenti:

$$A_1 = 5 + 4 + 4 = 13$$

$$A_2 = 3 + 5 + 5 = 13$$

$$A_3 = 4 + 3 + 1 = 8$$

$$A_4 = 1 + 1 + 1 = 3$$

$$A_5 = 1 + 2 + 1 = 4$$

e ottenere il valore medio $\bar{A} = \frac{13+13+8+3+4}{5} = 8.2$.

Dunque, il termine al denominatore tra parentesi nell'equazione (2) è pari a:

$$\sigma_x^2 = \frac{\sum_{j=1}^5 (A_j - \bar{A})^2}{j} = \frac{23.04 + 23.04 + 0.04 + 27.04 + 17.64}{5} = 18.16.$$

Pertanto, il coefficiente di Cronbach risulta pari a 0.872.

Il coefficiente può assumere valori che variano da 1 (concordanza perfetta) a valori negativi che indicano la mancanza assoluta di concordanza.

Nella prassi solo i valori positivi hanno un senso e valori più alti dell' α sono più desiderabili:

- valori > 0.90 : ottimi,
- valori compresi tra 0.80 e 0.90: buoni,
- valori compresi tra 0.70 e 0.80: discreti,
- valori compresi tra 0.60 e 0.70: sufficienti,
- valori < 0.60 deficitari.

La soglia di accettabilità è compresa tra 0.60 e 0.70.

Per meglio valutare α , bisogna ricordare che essa dipende da due fattori:

- ❖ intercorrelazioni tra gli item

L' α dipende anche dalle intercorrelazioni tra gli item e a volte l'intercorrelazione dipende dalla comune specificità degli item. Più questi sono tra loro in relazione, maggiore sarà il valore del coefficiente.

- ❖ Lunghezza della scala (numero di item)

Infatti, a parità di condizioni, all'aumentare del numero degli item, aumenta il valore del coefficiente di attendibilità. Perciò, per esempio, basterebbe aumentare il numero di item di una scala che ha un coefficiente sufficiente per ottenerne uno buono.

Tornando al caso studio, consideriamo il campione di 10 università e i tre ranking QS, THE e ARWU che rappresentano il numero di item k . La tabella 4.18 rappresenta il campione per l'anno 2017 e i calcoli effettuati per determinare il coefficiente di Cronbach.

Tabella 4.18 - α di Cronbach, anno 2017

2017	QS	THE	ARWU
Carnegie Mellon University (USA)	10	7	4
ETH Zurich (CH)	3	5	5
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	9	9	9
Imperial College London (UK)	5	3	10
MIT (USA)	1	2	1
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	4	8	6
National University of Singapore (SG)	6	3	8
Stanford University (USA)	2	1	3
Tsinghua University (CN)	7	10	7

University of California, Berkeley (USA)	8	6	1		
VARIANZA	8.25	8.64	9.04	$\sum_{i=1}^k \sigma_i^2$	25.93
				σ_x^2	47.21

Dai valori riportati nella tabella è possibile determinare immediatamente il coefficiente utilizzando l'equazione (2):

$$\alpha^k = \frac{3}{3-1} \left(1 - \frac{25.93}{47.21} \right) = 0.676$$

Gli stessi calcoli sono stati effettuati per gli anni successivi 2018, 2019 e 2020, dei quali riportiamo direttamente il valore dell' α nella Tabella 4.19:

Tabella 4.19 - α di Cronbach, anno 2018, 2019, 2020

Anno	α^k
2018	0.669
2019	0.654
2020	0.669

Per tutti e quattro gli anni esaminati, i risultati ottenuti e riportati nelle tabelle precedenti mostrano una correlazione più che sufficiente tra gli item. Ciò è legato al fatto che si ottengono valori dell' α di Cronbach superiori a 0.65, ricadendo nel range dei valori accettabili.

Come ampiamente descritto per il coefficiente W di Kendall, il passo successivo consiste nell'utilizzare i *Golden Ranking* ottenuti con il metodo di Borda e Condorcet e valutare quale dei due metodi permette di aggregare in un unico ranking i tre ordinamenti di partenza. A tal fine si procede con il calcolo del coefficiente α di Cronbach considerando prima il ranking ottenuto con Borda e dopo con Condorcet e si individua quale tra i due determina un valore del coefficiente più elevato.

La tabella seguente mostra i risultati ottenuti considerando i tre ranking iniziali e l'ordinamento complessivo realizzato con il metodo di Borda. Si riportano per esteso i calcoli effettuati per l'anno 2017 nella Tabella 4.20.

Tabella 4.20 - α di Cronbach con Borda, anno 2017

2017	QS	THE	ARWU	BORDA		
Carnegie Mellon University (USA)	10	7	4	8		
ETH Zurich (CH)	3	5	5	3		
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	9	9	9	10		
Imperial College London (UK)	5	3	10	6		
MIT (USA)	1	2	1	1		
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	4	8	6	6		
National University of Singapore (SG)	6	3	8	5		
Stanford University (USA)	2	1	3	2		
Tsinghua University (CN)	7	10	7	9		
University of California, Berkeley (USA)	8	6	1	4		
VARIANZA	8.25	8.64	9.04	8.04	$\sum_{i=1}^k \sigma_i^2$	33.97
					σ_x^2	93.21

Dai valori presenti nella tabella, determiniamo il coefficiente di Cronbach utilizzando l'equazione (2):

$$\alpha^{k+1} = \frac{4}{4-1} \left(1 - \frac{33.97}{93.21} \right) = 0.847$$

Notiamo che k è pari a 4. Ovviamente il numero di item è aumentato perché oltre ai tre ranking iniziali consideriamo il *Golden Ranking* realizzato con Borda.

La stessa equazione è stata utilizzata per ricavare il valore di α negli anni 2018, 2019 e 2020. I risultati sono mostrati nella Tabella 4.21.

Tabella 4.21 - α di Cronbach con Borda, anni 2018, 2019, 2020

Anno	α^{k+1}
2018	0.845
2019	0.846
2020	0.844

Dunque, considerando l'ordinamento complessivo ottenuto con il metodo di Borda si ottengono valori dell' α di Cronbach piuttosto elevati e di gran lunga superiori alla soglia di accettazione. I risultati raggiunti, pressoché simili per i quattro anni presi in considerazione, mostrano un elevato livello di consistenza interna e una buona correlazione tra i ranking. Inoltre, i valori del coefficiente di Cronbach sono maggiori rispetto a quelli ottenuti considerando solamente i tre ranking iniziali. Questo risultato dimostra, ancora una volta, la capacità del modello di Borda di aggregare in un unico *Golden Ranking* più classifiche e svilupparne uno di riferimento in grado di accomunare tutti gli altri.

La Tabella 4.22 mostra i calcoli necessari per ricavare il coefficiente di Cronbach nel caso in cui si considera il *Golden Ranking* ottenuto con il metodo di Condorcet per l'anno 2017.

Tabella 4.22 - α di Cronbach con Condorcet, anno 2017

2017	QS	THE	ARWU	CONDORCET		
Carnegie Mellon University (USA)	10	7	4	3		
ETH Zurich (CH)	3	5	5	3		
Hong Kong University of Science & Technology (HK)	9	9	9	3		
Imperial College London (UK)	5	3	10	3		
MIT (USA)	1	2	1	1		
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	4	8	6	3		
National University of Singapore (SG)	6	3	8	3		
Stanford University (USA)	2	1	3	2		
Tsinghua University (CN)	7	10	7	3		
University of California, Berkeley (USA)	8	6	1	3		
VARIANZA	8.25	8.64	9.04	0.41	$\sum_{i=1}^k \sigma_i^2$	26.34
					σ_x^2	54.6

Dai dati riportati in tabella, ricaviamo immediatamente il valore dell' α di Cronbach utilizzando l'equazione (2):

$$\alpha^{k+1} = \frac{4}{4-1} \left(1 - \frac{26.34}{54.6} \right) = 0.690$$

Stesso procedimento è stato seguito per il calcolo del coefficiente negli anni successivi. La Tabella 4.23 mostra direttamente i risultati ottenuti:

Tabella 4.23 - α di Cronbach con Condorcet, anni 2018, 2019, 2020

Anno	α^{k+1}
2018	0.688
2019	0.724
2020	0.683

Anche in questo caso i valori ottenuti ricadono entro il range in cui si colloca la soglia di accettazione. Ma è opportuno sottolineare che i valori dell' α di Cronbach ottenuti considerando l'ordinamento complessivo di Condorcet sono di poco superiori a quelli ottenuti con i soli ranking di partenza QS, THE e ARWU. Dunque, il metodo di Condorcet non rappresenta il miglior modello di aggregazione dei tre ranking in un ordinamento unico e complessivo poiché i coefficienti sono inferiori a quelli che si ottengono con Borda, dimostrando una correlazione più debole tra i ranking.

L'intera costruzione del coefficiente di Cronbach è stata ripetuta considerando i *Golden Ranking* ottenuti con Borda e Condorcet nel caso di gestione del posizionamento a pari merito delle università con il Metodo 2. I risultati sono rappresentati nella Tabella 4.24:

Tabella 4.24 – Coefficienti α di Cronbach per i quattro anni nel caso di gestione posizionamento a pari merito con il Metodo 2

	2017	2018	2019	2020
α	0.699	0.669	0.660	0.669
$\alpha^{k+BORDA}$	0.858	0.842	0.844	0.845
$\alpha^{k+CONDORCET}$	0.794	0.798	0.793	0.789

Dai dati mostrati in tabella è possibile osservare un aumento del grado di correlazione tra i ranking, sia nel caso in cui si utilizza il *Golden Ranking* ottenuto con Borda sia con Condorcet. Dunque, entrambi i metodi danno alla luce ordinamenti complessivi in qualche modo coerenti con i tre ranking di partenza. L'aumento del grado di correlazione è, però, maggiore quando il coefficiente di Cronbach è calcolato considerando il ranking ottenuto con il metodo di Borda. Questo risultato mostra, ancora una volta, la capacità del modello di

aggregazione di Borda di fornire un modello di sintesi plausibile, in grado di accomunare in un unico *Golden Ranking* i tre ordinamenti QS, THE e ARWU di partenza.

È opportuno sottolineare che il valore dell' α ottenuto con Condorcet è maggiore rispetto a quello ottenuto nel caso di gestione del posizionamento a pari merito delle università con il Metodo 1, cioè il grado di concordanza tra i tre ranking iniziali e il *Golden Ranking* è aumentato. Per i quattro anni esaminati, l' α con Condorcet raggiunge un buon livello di consistenza interna con un valore circa pari a 0.8.

In allegato il calcolo del coefficiente di Cronbach per il campione di 10 università (Allegato 10).

Terminato lo studio sul campione di dieci università, estendiamo l'analisi considerando il campione di 100 università. Ripetiamo l'intera costruzione del coefficiente di Cronbach ripercorrendo le stesse fasi descritte precedentemente:

1. calcolare il coefficiente α di Cronbach considerando i tre ranking di partenza QS, THE e ARWU.
2. Analizzare il livello di coerenza tra i tre ranking QS, THE e ARWU e i *Golden Ranking*:
 - I. Calcolo del coefficiente di concordanza α con Borda
 - II. Calcolo del coefficiente di concordanza α con Condorcet
3. Scegliere il modello di aggregazione tra Borda e Condorcet valutando la seguente relazione:

$$\alpha^{(k+1)} > \alpha^k$$

L'analisi è stata effettuata per tutti e quattro gli anni presi in esame. Come esempio, riportiamo nel dettaglio i calcoli e i risultati ottenuti per l'anno 2017.

1. La Tabella 4.25 mostra il campione di 100 università, i tre ranking che rappresentano gli item k e il calcolo delle varianze per determinare il coefficiente α .

Tabella 4.25 - α di Cronbach, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU
Aalborg University (DK)	70	80	72
California Institute of Technology (USA)	26	1	49

Carnegie Mellon University (USA)	31	15	6
CentraleSupélec (FR)	64	72	72
City University of Hong Kong (HK)	58	55	23
Columbia University (USA)	71	26	72
Cornell University (USA)	57	22	17
Delft University of Technology (NL)	22	20	49
Ecole Polytechnique (FR)	67	58	72
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (FR)	12	11	72
Eindhoven University of Technology (NL)	75	64	52
ETH Zurich (CH)	4	9	8
Fudan University (CN)	49	66	72
Georgia Institute of Technology (USA)	24	13	37
Harbin Institute of Technology (CN)	75	82	28
Harvard University (USA)	13	82	5
Huazhong University of Science and Technology (CN)	75	82	24
Imperial College London (UK)	6	7	35
Johns Hopkins University (USA)	75	42	72
KAIST-Korea Advanced Institute of Science & Technology (KR)	15	30	72
King Abdulaziz University (SA)	75	82	31
KIT, Karlsruhe Institute of Technology (DE)	49	57	72
KTH Royal Institute of Technology (SE)	41	36	51
KU Leuven (BE)	59	34	27
Kyoto University (JP)	21	47	72
Massachusetts Institute of Technology (USA)	1	4	1
McGill University (CA)	67	51	72
Monash University (AU)	37	45	72
Nanjing University of Information Science & Technology (CN)	74	77	52
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	5	18	18

National Taiwan University (TW)	19	71	72
National Tsing Hua University (TW)	33	82	72
National University of Singapore (SG)	7	7	21
New York University (USA)	75	78	54
Northwestern University (USA)	73	21	72
Osaka University (JP)	44	82	72
Peking University (CN)	20	12	55
Pennsylvania State University (USA)	75	48	65
Pohang University of Science and Technology (KR)	44	40	72
Politecnico di Milano (IT)	17	74	56
Politecnico di Torino (IT)	33	82	72
Princeton University (USA)	38	6	9
Purdue University-West Lafayette (USA)	64	27	47
RWTH Aachen University (DE)	31	29	66
Seoul National University (KR)	16	32	72
Shanghai Jiao Tong University (CN)	29	52	30
Southeast University (BD)	75	82	3
Stanford University (USA)	2	2	3
Sungkyunkwan University (KR)	61	50	72
Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (CH)	75	82	26
Technical University of Berlin (DE)	39	40	67
Technical University of Denmark (DK)	51	52	72
Technical University of Munich (DE)	25	28	57
The Australian National University (AU)	46	82	39
The Chinese University of Hong Kong (HK)	41	68	58
The Hong Kong Polytechnic University (HK)	53	68	25
The Hong Kong University of Science and Technology (HK)	17	19	38
The University of Adelaide (AU)	75	82	43

The University of Edinburgh (UK)	64	56	16
The University of Manchester (UK)	51	37	72
The University of Melbourne (AU)	27	61	32
The University of New South Wales (AU)	27	82	40
The University of Queensland (AU)	59	64	59
The University of Tokyo (JP)	8	35	72
Tohoku University (JP)	48	54	72
Tokyo Institute of Technology (JP)	14	59	72
Tsinghua University (CN)	10	23	20
UCL (UK)	55	38	72
Universität Stuttgart (DE)	72	78	72
University College London (UK)	75	82	36
University of Alberta (CA)	75	76	60
University of British Columbia (CA)	62	60	40
University of California, Berkeley (USA)	11	10	1
University of California, Los Angeles (USA)	35	13	7
University of California, San Diego (USA)	75	44	40
University of California, Santa Barbara (USA)	75	24	72
University of Cambridge (UK)	3	5	44
University of Copenhagen (DK)	75	82	12
University of Granada (ES)	75	82	34
University of Hong Kong (HK)	30	33	72
University of Illinois at Urbana Champaign (USA)	46	16	29
University of Malaya (MY)	22	82	61
University of Maryland, College Park (USA)	75	66	46
University of Michigan-Ann Arbor (USA)	53	17	48
University of Minnesota (USA)	75	61	69
University of North Carolina at Chapel Hill (USA)	75	82	19

University of Oslo (NO)	75	82	13		
University of Oxford (UK)	8	3	62		
University of Science and Technology of China (CN)	69	38	45		
University of Sheffield (UK)	75	80	68		
University of Southern California (USA)	75	49	10		
University of Sydney (AU)	39	75	63		
University of Texas at Austin (USA)	55	25	15		
University of Toronto (CA)	43	31	14		
University of Washington (USA)	75	43	70		
University of Waterloo (CA)	62	70	33		
University of Wisconsin-Madison (USA)	75	46	64		
Virginia Polytechnic Institute and State University (USA)	75	73	71		
Weizmann Institute of Science (IL)	75	82	11		
Zhejiang University (CN)	35	63	22		
VARIANZA	609.138	700.778	566.953	$\sum_{i=1}^k \sigma_i^2$	1876.869
				σ_x^2	2878.182

Dai valori riportati nella tabella è possibile determinare immediatamente il coefficiente utilizzando l'equazione (2):

$$\alpha^k = \frac{3}{3-1} \left(1 - \frac{1876.869}{2878.182} \right) = 0.522$$

Gli stessi calcoli sono stati effettuati per gli anni successivi 2018, 2019 e 2020, dei quali riportiamo direttamente il valore dell' α nella Tabella 4.26:

Tabella 4.26 - α di Cronbach, anni 2018, 2019, 2020

Anno	α^k
2018	0.596
2019	0.732
2020	0.716

2. La seconda fase consiste nell'analizzare il livello di coerenza tra i tre ranking QS, THE e ARWU e i *Golden Ranking* risultanti dall'applicazione dei modelli di aggregazione di Borda e Condorcet, costruendo il nuovo coefficiente di concordanza.

I. La Tabella 4.27 mostra i calcoli effettuati per la costruzione del coefficiente per il modello di aggregazione di Borda per l'anno 2017.

Tabella 4.27 - α di Cronbach con Borda, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU	BORDA
Aalborg University (DK)	70	80	72	98
California Institute of Technology (USA)	26	1	49	16
Carnegie Mellon University (USA)	31	15	6	8
CentraleSupélec (FR)	64	72	72	95
City University of Hong Kong (HK)	58	55	23	38
Columbia University (USA)	71	26	72	62
Cornell University (USA)	57	22	17	23
Delft University of Technology (NL)	22	20	49	19
Ecole Polytechnique (FR)	67	58	72	89
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (FR)	12	11	72	21
Eindhoven University of Technology (NL)	75	64	52	86
ETH Zurich (CH)	4	9	8	3
Fudan University (CN)	49	66	72	77
Georgia Institute of Technology (USA)	24	13	37	14
Harbin Institute of Technology (CN)	75	82	28	75
Harvard University (USA)	13	82	5	24
Huazhong University of Science and Technology (CN)	75	82	24	71
Imperial College London (UK)	6	7	35	7
Johns Hopkins University (USA)	75	42	72	84
KAIST-Korea Advanced Institute of Science & Technology (KR)	15	30	72	28
King Abdulaziz University (SA)	75	82	31	81
KIT, Karlsruhe Institute of Technology (DE)	49	57	72	70
KTH Royal Institute of Technology (SE)	41	36	51	35
KU Leuven (BE)	59	34	27	30
Kyoto University (JP)	21	47	72	41

Massachusetts Institute of Technology (USA)	1	4	1	1
McGill University (CA)	67	51	72	85
Monash University (AU)	37	45	72	48
Nanjing University of Information Science & Technology (CN)	74	77	52	92
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	5	18	18	6
National Taiwan University (TW)	19	71	72	53
National Tsing Hua University (TW)	33	82	72	77
National University of Singapore (SG)	7	7	21	5
New York University (USA)	75	78	54	94
Northwestern University (USA)	73	21	72	58
Osaka University (JP)	44	82	72	90
Peking University (CN)	20	12	55	17
Pennsylvania State University (USA)	75	48	65	81
Pohang University of Science and Technology (KR)	44	40	72	49
Politecnico di Milano (IT)	17	74	56	45
Politecnico di Torino (IT)	33	82	72	77
Princeton University (USA)	38	6	9	10
Purdue University-West Lafayette (USA)	64	27	47	40
RWTH Aachen University (DE)	31	29	66	34
Seoul National University (KR)	16	32	72	30
Shanghai Jiao Tong University (CN)	29	52	30	26
Southeast University (BD)	75	82	3	51
Stanford University (USA)	2	2	3	2
Sungkyunkwan University (KR)	61	50	72	73
Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (CH)	75	82	26	73
Technical University of Berlin (DE)	39	40	67	43
Technical University of Denmark (DK)	51	52	72	67
Technical University of Munich (DE)	25	28	57	25
The Australian National University (AU)	46	82	39	59
The Chinese University of Hong Kong (HK)	41	68	58	59
The Hong Kong Polytechnic University (HK)	53	68	25	43
The Hong Kong University of Science and Technology (HK)	17	19	38	14

The University of Adelaide (AU)	75	82	43	91
The University of Edinburgh (UK)	64	56	16	38
The University of Manchester (UK)	51	37	72	51
The University of Melbourne (AU)	27	61	32	30
The University of New South Wales (AU)	27	82	40	46
The University of Queensland (AU)	59	64	59	72
The University of Tokyo (JP)	8	35	72	27
Tohoku University (JP)	48	54	72	66
Tokyo Institute of Technology (JP)	14	59	72	42
Tsinghua University (CN)	10	23	20	10
UCL (UK)	55	38	72	55
Universitat Stuttgart (DE)	72	78	72	98
University College London (UK)	75	82	36	88
University of Alberta (CA)	75	76	60	96
University of British Columbia (CA)	62	60	40	53
University of California, Berkeley (USA)	11	10	1	4
University of California, Los Angeles (USA)	35	13	7	12
University of California, San Diego (USA)	75	44	40	50
University of California, Santa Barbara (USA)	75	24	72	65
University of Cambridge (UK)	3	5	44	8
University of Copenhagen (DK)	75	82	12	62
University of Granada (ES)	75	82	34	86
University of Hong Kong (HK)	30	33	72	37
University of Illinois at Urbana Champaign (USA)	46	16	29	19
University of Malaya (MY)	22	82	61	55
University of Maryland, College Park (USA)	75	66	46	77
University of Michigan-Ann Arbor (USA)	53	17	48	29
University of Minnesota (USA)	75	61	69	93
University of North Carolina at Chapel Hill (USA)	75	82	19	68
University of Oslo (NO)	75	82	13	64
University of Oxford (UK)	8	3	62	13
University of Science and Technology of China (CN)	69	38	45	47
University of Sheffield (UK)	75	80	68	100
University of Southern California (USA)	75	49	10	36
University of Sydney (AU)	39	75	63	69

University of Texas at Austin (USA)	55	25	15	21		
University of Toronto (CA)	43	31	14	18		
University of Washington (USA)	75	43	70	81		
University of Waterloo (CA)	62	70	33	55		
University of Wisconsin-Madison (USA)	75	46	64	75		
Virginia Polytechnic Institute and State University (USA)	75	73	71	97		
Weizmann Institute of Science (IL)	75	82	11	61		
Zhejiang University (CN)	35	63	22	30		
VARIANZA	609.138	700.778	566.953	830.741	$\sum_{i=1}^k \sigma_i^2$	2707.61
					σ_x^2	6683.352

Il coefficiente di concordanza globale α per Borda può essere ottenuto applicando l'equazione (2) ai tre ranking + il *Golden Ranking* ottenuto con Borda:

$$\alpha^{k+1} = \frac{4}{4-1} \left(1 - \frac{2707.61}{6683.352} \right) = 0.793$$

La stessa equazione è stata utilizzata per ricavare il valore di α negli anni 2018, 2019 e 2020. I risultati sono mostrati nella Tabella 4.28.

Tabella 4.28 - α di Cronbach con Borda, anni 2018, 2019, 2020

<u>Anno</u>	α^{k+1}
2018	0.821
2019	0.873
2020	0.866

Dunque, considerando l'ordinamento complessivo ottenuto con il metodo di Borda si ottiene un elevato livello di consistenza interna e una buona correlazione tra i ranking.

Si nota che per tutti e quattro gli anni presi in considerazione la relazione $\alpha^{k+1} > \alpha^k$ è soddisfatta, cioè il coefficiente di Cronbach ottenuto con i tre ranking + Borda è superiore al coefficiente ottenuto considerando esclusivamente i tre ranking di partenza e quindi il grado complessivo di concordanza con il modello di aggregazione di Borda è aumentato. Il modello fornisce un *Golden Ranking* in qualche modo coerente con i singoli ordinamenti e in grado di raggruppare le tre classifiche in un unico ranking di riferimento.

II. Ripetiamo il calcolo del coefficiente di Cronbach per il modello di aggregazione di Condorcet. La Tabella 4.29 mostra i calcoli effettuati per ricavare il valore di α per l'anno 2017:

Tabella 4.29 - α di Cronbach con Condorcet, anno 2017

UNIVERSITA'	QS	THE	ARWU	CONDORCET
Aalborg University (DK)	70	80	72	4
California Institute of Technology (USA)	26	1	49	2
Carnegie Mellon University (USA)	31	15	6	4
CentraleSupélec (FR)	64	72	72	4
City University of Hong Kong (HK)	58	55	23	4
Columbia University (USA)	71	26	72	4
Cornell University (USA)	57	22	17	4
Delft University of Technology (NL)	22	20	49	4
Ecole Polytechnique (FR)	67	58	72	4
Ecole Polytechnique Federale de Lausanne (FR)	12	11	72	4
Eindhoven University of Technology (NL)	75	64	52	4
ETH Zurich (CH)	4	9	8	4
Fudan University (CN)	49	66	72	4
Georgia Institute of Technology (USA)	24	13	37	4
Harbin Institute of Technology (CN)	75	82	28	4
Harvard University (USA)	13	82	5	4
Huazhong University of Science and Technology (CN)	75	82	24	4
Imperial College London (UK)	6	7	35	4
Johns Hopkins University (USA)	75	42	72	4
KAIST-Korea Advanced Institute of Science & Technology (KR)	15	30	72	4
King Abdulaziz University (SA)	75	82	31	4
KIT, Karlsruhe Institute of Technology (DE)	49	57	72	4
KTH Royal Institute of Technology (SE)	41	36	51	4
KU Leuven (BE)	59	34	27	4
Kyoto University (JP)	21	47	72	4
Massachusetts Institute of Technology (USA)	1	4	1	1

McGill University (CA)	67	51	72	4
Monash University (AU)	37	45	72	4
Nanjing University of Information Science & Technology (CN)	74	77	52	4
Nanyang Technological University, Singapore (SG)	5	18	18	4
National Taiwan University (TW)	19	71	72	4
National Tsing Hua University (TW)	33	82	72	4
National University of Singapore (SG)	7	7	21	4
New York University (USA)	75	78	54	4
Northwestern University (USA)	73	21	72	4
Osaka University (JP)	44	82	72	4
Peking University (CN)	20	12	55	4
Pennsylvania State University (USA)	75	48	65	4
Pohang University of Science and Technology (KR)	44	40	72	4
Politecnico di Milano (IT)	17	74	56	4
Politecnico di Torino (IT)	33	82	72	4
Princeton University (USA)	38	6	9	4
Purdue University-West Lafayette (USA)	64	27	47	4
RWTH Aachen University (DE)	31	29	66	4
Seoul National University (KR)	16	32	72	4
Shanghai Jiao Tong University (CN)	29	52	30	4
Southeast University (BD)	75	82	3	4
Stanford University (USA)	2	2	3	2
Sungkyunkwan University (KR)	61	50	72	4
Swiss Federal Institute of Technology Lausanne (CH)	75	82	26	4
Technical University of Berlin (DE)	39	40	67	4
Technical University of Denmark (DK)	51	52	72	4
Technical University of Munich (DE)	25	28	57	4
The Australian National University (AU)	46	82	39	4
The Chinese University of Hong Kong (HK)	41	68	58	4
The Hong Kong Polytechnic University (HK)	53	68	25	4

The Hong Kong University of Science and Technology (HK)	17	19	38	4
The University of Adelaide (AU)	75	82	43	4
The University of Edinburgh (UK)	64	56	16	4
The University of Manchester (UK)	51	37	72	4
The University of Melbourne (AU)	27	61	32	4
The University of New South Wales (AU)	27	82	40	4
The University of Queensland (AU)	59	64	59	4
The University of Tokyo (JP)	8	35	72	4
Tohoku University (JP)	48	54	72	4
Tokyo Institute of Technology (JP)	14	59	72	4
Tsinghua University (CN)	10	23	20	4
UCL (UK)	55	38	72	4
Universitat Stuttgart (DE)	72	78	72	4
University College London (UK)	75	82	36	4
University of Alberta (CA)	75	76	60	4
University of British Columbia (CA)	62	60	40	4
University of California, Berkeley (USA)	11	10	1	4
University of California, Los Angeles (USA)	35	13	7	4
University of California, San Diego (USA)	75	44	40	4
University of California, Santa Barbara (USA)	75	24	72	4
University of Cambridge (UK)	3	5	44	4
University of Copenhagen (DK)	75	82	12	4
University of Granada (ES)	75	82	34	4
University of Hong Kong (HK)	30	33	72	4
University of Illinois at Urbana Champaign (USA)	46	16	29	4
University of Malaya (MY)	22	82	61	4
University of Maryland, College Park (USA)	75	66	46	4
University of Michigan-Ann Arbor (USA)	53	17	48	4
University of Minnesota (USA)	75	61	69	4
University of North Carolina at Chapel Hill (USA)	75	82	19	4
University of Oslo (NO)	75	82	13	4

University of Oxford (UK)	8	3	62	4		
University of Science and Technology of China (CN)	69	38	45	4		
University of Sheffield (UK)	75	80	68	4		
University of Southern California (USA)	75	49	10	4		
University of Sydney (AU)	39	75	63	4		
University of Texas at Austin (USA)	55	25	15	4		
University of Toronto (CA)	43	31	14	4		
University of Washington (USA)	75	43	70	4		
University of Waterloo (CA)	62	70	33	4		
University of Wisconsin-Madison (USA)	75	46	64	4		
Virginia Polytechnic Institute and State University (USA)	75	73	71	4		
Weizmann Institute of Science (IL)	75	82	11	4		
Zhejiang University (CN)	35	63	22	4		
VARIANZA	609.138	700.778	566.953	0.165	$\sum_{i=1}^k \sigma_i^2$	1877.034
					σ_x^2	2894.56

Dai dati riportati in tabella, ricaviamo immediatamente il coefficiente di concordanza globale α con Condorcet utilizzando l'equazione (2):

$$\alpha^{k+1} = \frac{4}{4-1} \left(1 - \frac{1877.034}{2894.56} \right) = 0.469$$

Per gli anni 2018, 2019 e 2020 si riportano direttamente i risultati ottenuti per il calcolo del coefficiente di Cronbach nella Tabella 4.30:

Tabella 4.30 - α di Cronbach con Condorcet, anni 2018, 2019, 2020

Anno	α^{k+1}
2018	0.532
2019	0.654
2020	0.638

Osservando i dati nelle due tabelle precedenti, solo per gli anni 2019 e 2020 i valori del coefficiente ricadono entro il range in cui si colloca la soglia di accettazione. In generale i valori dell' α di Cronbach sono molto bassi ed inferiori a quelli ottenuti considerando solo i tre ranking di partenza QS, THE e ARWU. Dunque, la relazione $\alpha^{k+1} > \alpha^k$ non è più soddisfatta e il grado complessivo di concordanza ottenuto con il modello di Condorcet diminuisce. Pertanto, il metodo di Condorcet fornisce un *Golden Ranking* in qualche modo incoerente e si discosta dai ranking iniziali.

3. Infine, nell'ultima fase avviene la scelta tra i due modelli di aggregazione. Accettare l'uno o l'altro modello dipende dal valore che assume il coefficiente di Cronbach e dalla seguente relazione:

$$\alpha^{k+1} > \alpha^k$$

perché più elevato è il valore del coefficiente α che si ottiene considerando i tre ranking + il *Golden Ranking* e maggiore è la consistenza interna tra i ranking e quindi la capacità di aggregare in un unico ordinamento di riferimento più classifiche.

Pertanto, come abbiamo ampiamente discusso, nel caso di Borda tale condizione è sempre verificata. Ciò significa che il metodo di Borda consente di realizzare un *Golden Ranking* coerente ai tre ranking di partenza e rappresenta un modello di sintesi plausibile. Viceversa, il valore che si ottiene con Condorcet è inferiore all' α ottenuto con i tre ranking e quindi la relazione non è verificata. Il metodo di Condorcet non rappresenta il miglior modello di aggregazione dei tre ranking in un ordinamento unico e complessivo poiché i coefficienti sono molto bassi, dimostrando una correlazione più debole tra i ranking.

Dunque, senza dubbio il metodo di Borda è il modello di aggregazione che produce il *Golden Ranking* che meglio riflette gli ordinamenti iniziali.

Quanto discusso fino ad ora rimane inalterato anche nel caso in cui si considerano i *Golden Ranking* di Borda e Condorcet realizzati con il Metodo 2 per la gestione del posizionamento delle università in posizioni di equivalenza. Infatti, osservando i valori riportati nella Tabella 4.31 la condizione $\alpha^{k+1} > \alpha^k$ è sempre soddisfatta quando il ranking complessivo è costruito con il metodo di Borda.

Tabella 4.31 – Coefficienti α di Cronbach per i quattro anni nel caso di gestione posizionamento a pari merito con il Metodo 2

	2017	2018	2019	2020
α	0.462	0.556	0.690	0.661
$\alpha^{k+BORDA}$	0.765	0.801	0.854	0.841
$\alpha^{k+CONDORCET}$	0.487	0.515	0.665	0.627

Ad eccezione dell'anno 2017, dove la relazione è verificata anche nel caso in cui il *Golden Ranking* è realizzato con Condorcet ma il valore del coefficiente di Cronbach è comunque inferiore al valore ottenuto con Borda. Quindi Borda continua ad essere il miglior modello di aggregazione dei tre ranking QS, THE e ARWU.

Per una comprensione più dettagliata dello sviluppo del coefficiente per il campione da 100 università si rimanda alla visione dell'Allegato 11.

4.3. Coerenza tra Kendall e Cronbach

A conclusione del lavoro svolto e dell'analisi effettuata per ognuno dei quattro anni presi in esame, i dati raccolti nelle tabelle seguenti mostrano il grado di concordanza e di vicinanza tra i coefficienti di Kendall e di Cronbach. Per ogni anno, sono riportati i valori dei coefficienti calcolati prendendo in considerazione i tre ranking di partenza, i tre ranking e l'ordinamento complessivo ottenuto con il metodo di Borda e, infine, i tre ranking e l'ordinamento complessivo ottenuto con il metodo di Condorcet, gestendo le posizioni di equivalenza mediante il secondo metodo.

Analizzando i dati presenti nella Tabella 4.32, il valore del coefficiente W di Kendall aumenta con l'introduzione del ranking ottenuto con Borda; viceversa diminuisce quando si considera il ranking complessivo ottenuto con il metodo di Condorcet. Stesso risultato è osservabile prendendo in considerazione i valori ottenuti con il calcolo del coefficiente α di Cronbach. Questo primo risultato dimostra, ancora una volta, che il metodo di Borda è il

modo migliore di procedere nel caso in cui l'obiettivo è l'aggregazione di più classifiche in un'unica classifica complessiva di riferimento.

Tabella 4.32 – Coefficienti *W* e *α* per il campione di 10 università nei quattro anni

	Kendall Cronbach			Kendall Cronbach			
2017	0.622	0.699	QS, THE, ARWU	2018	0.601	0.699	QS, THE, ARWU
	0.698	0.858	QS, THE, ARWU + BORDA		0.677	0.842	QS, THE, ARWU + BORDA
	0.552	0.794	QS, THE, ARWU + CONDORCET		0.543	0.798	QS, THE, ARWU + CONDORCET
2019	0.594	0.660	QS, THE, ARWU	2020	0.601	0.669	QS, THE, ARWU
	0.680	0.844	QS, THE, ARWU + BORDA		0.681	0.845	QS, THE, ARWU + BORDA
	0.563	0.793	QS, THE, ARWU + CONDORCET		0.535	0.789	QS, THE, ARWU + CONDORCET

Alla luce delle considerazioni fatte, i due indicatori vanno di pari passo. I valori dei coefficienti calcolati con il metodo di Kendall e di Cronbach sono correlati poiché in entrambi i casi il grado di concordanza e l'intensità della correlazione è maggiore quando si considera l'ordinamento con Borda ed è minore nel caso in cui l'ordinamento complessivo è realizzato con Condorcet. In particolare, l'indicatore di Kendall calcolato prendendo in considerazione Condorcet riporta un valore molto basso ed inoltre, inferiore a quello calcolato con i tre ranking iniziali. Quest'ultimo risultato è un'ulteriore conferma del fatto che la migliore aggregazione si ottiene con Borda; al contrario, il metodo di Condorcet determina un decremento del grado di accordo tra i ranking.

I risultati appena descritti e commentati rimangono pressoché gli stessi per i quattro anni presi in considerazione.

Inoltre, è possibile calcolare il coefficiente di correlazione per valutare e quantificare la forza della relazione lineare tra i due coefficienti di Kendall e di Cronbach. Il coefficiente di correlazione è dato dalla seguente formula:

$$r = \frac{\sum[(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 * \sum(y_i - \bar{y})^2}} \quad (3)$$

e permette di confrontare la distanza di ogni punto di dati dalla media della variabile, definendo quanto la relazione tra le due variabili si posizionerebbe vicino a una linea immaginaria tracciata tra i dati.

Il coefficiente di correlazione r è un valore privo di unità di misura e compreso tra -1 e 1.

- Più r si avvicina a zero, più la correlazione lineare è debole.
- Un valore r positivo è indice di una correlazione positiva, in cui i valori delle due variabili tendono ad aumentare in parallelo.
- Un valore r negativo è indice di una correlazione negativa, in cui il valore di una variabile tende ad aumentare quando l'altra diminuisce.
- I valori 1 e -1 rappresentano le correlazioni "perfette", una positiva e l'altra negativa. Due variabili perfettamente correlate mutano insieme a velocità fissa. In questo caso, si dice che hanno una relazione lineare perché, se inseriti in un grafico a dispersione, tutti i punti di dati possono essere collegati tra loro tramite una linea retta.

Nel caso di studio, riportiamo nel dettaglio le fasi per la determinazione del coefficiente r per l'anno 2019. Analizziamo i 3 casi in cui le due variabili sono i coefficienti W di Kendall e α di Cronbach (Tabella 4.33).

Tabella 4.33 – Coefficienti W e α e valori medi, anno 2019

	W	α
QS, THE, ARWU	0.594	0.66
QS, THE, ARWU + BORDA	0.68	0.844
QS, THE, ARWU + CONDORCET	0.563	0.793

$$\bar{W} = 0.612 \quad \bar{\alpha} = 0.766$$

Utilizzando l'equazione (3) si ottiene:

- Al numeratore $\sum[(W_i - \bar{W})(\alpha_i - \bar{\alpha})] = 0.0059$
- Al denominatore $\sqrt{\sum(W_i - \bar{W})^2 * \sum(\alpha_i - \bar{\alpha})^2} = 0.0115$

Pertanto, il coefficiente di correlazione $r = \frac{0.0059}{0.0115} = 0.51$.

Per gli anni 2017, 2018 e 2020 si riportano direttamente i valori del coefficiente r ottenuti nella Tabella 4.34.

Tabella 4.34 – Coefficienti di correlazione anni 2017, 2018, 2020

	r
2017	0.42
2018	0.32
2020	0.36

Per tutti e quattro gli anni esaminati otteniamo un valore del coefficiente positivo: $r > 0$. Dunque, i coefficienti W e α sono direttamente correlati e la correlazione è positiva. È ovvio che più il valore di r si avvicina ad 1 tanto più forte è la correlazione positiva.

Passando all'analisi del campione di 100 università, i dati riportati nella Tabella 4.35 mostrano una totale coerenza con quanto affermato precedentemente in presenza del campione di 10 università. Infatti, i due indicatori di concordanza sono correlati. I valori dei coefficienti di Kendall e di Cronbach aumentano in presenza dell'ordinamento complessivo ottenuto con il metodo di Borda e diminuiscono quando si prende in considerazione l'ordinamento ottenuto con il metodo di Condorcet. Questo risultato è un'ulteriore conferma del fatto che Borda rappresenta il metodo migliore di aggregazione.

È importante sottolineare che, nonostante i due indicatori presentino lo stesso andamento, i valori del coefficiente α sono superiori rispetto a quelli del coefficiente W di Kendall. Tale risultato indica il raggiungimento di un maggiore accordo e di una concordanza quasi sempre prossima all'unità, lungo i quattro anni presi in considerazione.

Tabella 4.35 – Coefficienti W e α per il campione di 100 università nei quattro anni

	Kendall Cronbach			Kendall Cronbach		
2017	0.464	0.462	2017	0.522	0.556	QS, THE, ARWU
	0.579	0.765		0.620	0.801	QS, THE, ARWU + BORDA
	0.299	0.487		0.307	0.515	QS, THE, ARWU + CONDORCET
			2018			QS, THE, ARWU
						QS, THE, ARWU + BORDA
						QS, THE, ARWU + CONDORCET

	Kendall Cronbach			Kendall Cronbach			
2019	0.611	0.690	QS, THE, ARWU	2020	0.588	0.661	QS, THE, ARWU
	0.690	0.854	QS, THE, ARWU + BORDA		0.670	0.841	QS, THE, ARWU + BORDA
	0.381	0.665	QS, THE, ARWU + CONDORCET		0.356	0.627	QS, THE, ARWU + CONDORCET

Anche per il campione di 100 università è stato calcolato il coefficiente di correlazione tra W e α . I risultati sono mostrati nella Tabella 4.36.

Tabella 4.36 – Coefficienti di correlazione anni 2017, 2018, 2019, 2020

	r
2017	0.76
2018	0.82
2019	0.78
2020	0.80

I valori ottenuti mostrano una correlazione più che positiva tra i due coefficienti con valori vicini a 1. Tale risultato sta ad indicare una relazione quasi lineare tra le due variabili di Kendall e di Cronbach. Pertanto, se inseriti in un grafico a dispersione, tutti i punti possono essere collegati tra loro formando una linea quasi retta (Figura 4.37).

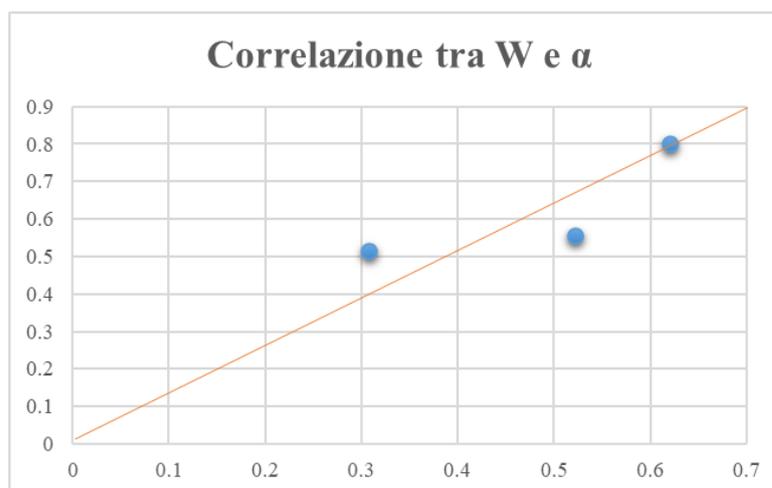


Figura 4.37 – Correlazione tra W e α , anno 2018

L'Allegato 12 mostra i calcoli per la determinazione del coefficiente di correlazione r in presenza del campione con numerosità pari a 10 e pari a 100 università.

Conclusioni

Il presente elaborato nasce con l'obiettivo di presentare una proposta per la determinazione di un *Golden Ranking* in grado di aggregare più classifiche universitarie in un ordinamento di riferimento, unico e complessivo. A tal fine sono stati utilizzati due metodi di aggregazione, Borda e Condorcet, mettendone in evidenza pregi e difetti. Per ogni metodo sono state effettuate delle analisi su un arco temporale di quattro anni, dal 2017 al 2020, perturbando la numerosità del campione in modo da valutare i nuovi risultati ed evincerne limiti e vantaggi. Si riporta in tabella 5.1 un prospetto riassuntivo dei vari ordinamenti ottenuti per il campione di 10 università.

Tabella 5.1 – Ordinamenti per il campione di 10 università negli anni 2017, 2018, 2019, 2020

2017
Borda Mit > Stanford University > Eth Zurich > University of California, Berkeley > National University of Singapore > Imperial College London ~ Nanyang Technological University, Singapore > Carnegie Mellon University > Tsinghua University > Hong Kong University of Science & Technology
Condorcet Mit > Stanford University > Carnegie Mellon University ~ Eth Zurich ~ Hong Kong University of Science & Technology ~ Imperial College London ~ Nanyang Technological University, Singapore ~ National University of Singapore ~ Tsinghua University ~ University of California, Berkeley
2018
Borda Mit ~ Stanford University > Eth Zurich > University of Oxford > National University of Singapore > Nanyang Technological University, Singapore ~ Carnegie Mellon University > University of California, Berkeley > Tsinghua University > Georgia Institute of Technology
Condorcet Mit > Stanford University > Carnegie Mellon University ~ Eth Zurich ~ Georgia Institute of Technology ~ Nanyang Technological University, Singapore ~ National University of Singapore ~ Tsinghua University ~ University of California, Berkeley ~ University of Oxford
2019
Borda Mit ~ Stanford University > University of Oxford > Eth Zurich > University of California, Berkeley > Harvard University > National University of Singapore > Nanyang Technological University, Singapore > Carnegie Mellon University > Georgia Institute of Technology
Condorcet

Mit > Stanford University ~ University of Oxford > Carnegie Mellon University ~ Eth Zurich
~ Georgia Institute of Technology ~ Harvard University ~ Nanyang Technological University,
Singapore ~ National University of Singapore ~ University of California, Berkeley

2020

Borda

Stanford University > Mit > Eth Zurich > University of California, Berkeley > Harvard
University ~ University of Oxford > Nanyang Technological University, Singapore > Carnegie
Mellon University > National University of Singapore ~ Tsinghua University

Condorcet

Mit > Stanford University > Carnegie Mellon University ~ Eth Zurich ~ Harvard University ~
Nanyang Technological University, Singapore ~ National University of Singapore ~ Tsinghua
University ~ University of California, Berkeley ~ University of Oxford

Ciascun metodo, avendo una propria procedura di calcolo e delle proprie specifiche ipotesi di lavoro, genera un ordinamento diverso, seppur in quasi tutti i casi si può affermare che la Massachusetts Institute of Technology (MIT) e la Stanford University sono le università migliori, occupando rispettivamente il primo e il secondo posto. Mentre tra le università che compaiono in tutti e quattro gli anni, la Carnegie Mellon University e la Nanyang Technological University, Singapore rimangono le peggiori del campione considerato. Quest'ultima osservazione non è verificata nel caso degli ordinamenti ottenuti con Condorcet poiché il metodo di Condorcet permette di classificare solo le università al primo e al secondo posto, assegnando alle rimanenti posizioni di equivalenza.

Estendendo l'analisi e considerando il campione di 100 università, l'applicazione dei metodi di Borda e Condorcet ha dato alla luce gli stessi risultati raggiunti con il campione con numerosità minore. Ancora una volta, le università della Massachusetts Institute of Technology (MIT) e della Stanford University si classificano ai primi posti, mostrando maggiore capacità di attrazione nei riguardi degli studenti, dei ricercatori e delle aziende del mondo del lavoro.

Il filo conduttore è stato il numero crescente di istituti internazionali che offrono classifiche delle migliori università basandosi su indicatori e sistemi di ponderazione differenti. Il presente lavoro si propone di introdurre un "ranking super partes" mediante i due metodi di aggregazione e sulla base di questi determinare il grado di concordanza tra i ranking.

Dunque, una volta realizzati i *Golden Ranking* con i metodi di Borda e di Condorcet, è stato necessario valutarli distintamente in modo da selezionare il miglior metodo di aggregazione

e quindi il ranking complessivo finale. La valutazione è avvenuta mediante l'utilizzo di due specifiche tecniche, il W di Kendall e l' α di Cronbach, ed entrambe hanno mostrato la capacità del metodo di Borda di fondere in un unico ranking i tre ordinamenti QS, THE e ARWU di partenza.

Infatti, in tutti i casi, il calcolo dei coefficienti di concordanza, prima con i soli tre ranking e dopo considerando anche la classifica collettiva prodotta dal metodo di Borda ha determinato un notevole aumento del grado di concordanza tra i ranking. I risultati raggiunti hanno mostrato un accordo quasi totale con i ranking iniziali, raggiungendo valori del coefficiente di Cronbach circa pari a 0.85.

Viceversa, il metodo di aggregazione di Condorcet ha prodotto un *Golden Ranking* che si discosta dagli ordinamenti di partenza presentando in quasi tutti i casi valori dei coefficienti di concordanza inferiori a quelli trovati considerando i soli tre ranking. Tale risultato è legato anche al fatto che l'ordinamento di Condorcet permette di assegnare una posizione solamente alle prime due università, classificando le rimanenti in posizioni di equivalenza e quindi a "pari merito". Inoltre, uno dei limiti del teorema di Condorcet è la non applicabilità diretta a ordinamenti in cui siano presenti più di due alternative. In questo caso, le alternative vanno divise e valutate a coppie, riportando la situazione di valutazione ad un "uno contro uno", e poi analizzate le relazioni esistenti tra le coppie, per identificare l'alternativa vincente. Dunque, vanno fatte delle modifiche al metodo che possono portare al cosiddetto paradosso di Condorcet. In questo modo, viene violata la regola della transitività perché ogni alternativa vince sull'altra senza una possibilità di stabilire una scala gerarchica e determinando una situazione di circolarità per cui non è detto che ci sia sempre un vincitore di Condorcet.

Utilizzando il metodo di Borda viene evitato il paradosso di Condorcet, poiché non essendoci problemi di transitività vi sarà sempre un ordinamento finale logicamente valido. Una delle caratteristiche principali che distingue il metodo Borda dagli altri sistemi è che evita la "tirannia della maggioranza", dal momento che è possibile che un'alternativa condivisa dalla maggioranza degli ordinamenti non vinca nel conteggio finale. Questo è verificato poiché tale metodo, a differenza degli altri, attribuisce molta importanza anche alle alternative secondarie degli ordinamenti, e non solo all'alternativa che viene posizionata al primo posto. Infatti, Borda ragiona sul valore medio e quindi tiene conto del comportamento medio relativo al posizionamento delle università nei ranking. Si nota, però, che il metodo formalizzato da Borda non rispetta l'assioma delle alternative irrilevanti; pertanto, la

presenza di alternative poco rilevanti può generare delle anomalie provocando spesso una inversione dell'ordinamento finale.

Studi futuri potrebbero riguardare da un lato, la ricerca di ulteriori metodi basati su strategie di aggregazione differenti; dall'altro, l'analisi di nuove tecniche che utilizzino diverse combinazioni di valori rispetto a quelle mostrate in questo elaborato.

In ciascuno di questi due approcci, così come nelle varie applicazioni dei metodi mostrate in questo studio, è stata fatta un'assunzione molto forte in merito al campione in input. Si è ipotizzato, infatti, nell'estrazione del campione di 10 università, di raccogliere le prime dieci migliori università presenti in tutti e tre i ranking; e nell'estrazione del campione di 100 università, di raccogliere quelle presenti in tutte e tre i ranking, poi quelle presenti in almeno due dei tre ranking e infine le migliori in ognuno dei tre ranking. In realtà, si può pensare di introdurre nuove metodologie di classificazione delle università mediante check list e questionari da proporre a studenti e docenti aprendo così la strada ad ulteriori sviluppi nella creazione di ranking che guidano gli utenti nella scelta dell'università.

Sitografia

<https://www.topuniversities.com/qs-world-university-rankings> [Consultato il giorno 13 Aprile 2021]

<https://support.qs.com> [Consultato il giorno 14 Aprile 2021]

<https://www.timeshighereducation.com/> [Consultato il giorno 20 Aprile 2021]

<http://www.shanghai ranking.com/> [Consultato il giorno 23 Aprile 2021]

<https://www.topuniversities.com/subject-rankings/2021> [Consultato il giorno 18 Maggio 2021]

<https://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2021/engineering-technology> [Consultato il giorno 18 Maggio 2021]

<https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings-2022-subject-engineering-methodology> [Consultato il giorno 22 Maggio 2021]

<http://www.shanghai ranking.com/methodology/gras/2021> [Consultato il giorno 22 Maggio 2021]

https://www.youtube.com/watch?v=ANxZRi_achQ&ab_channel=JalayerAcademy [Consultato il giorno 15 Luglio 2021]

Bibliografia

Aguillo, I.F., Bar-Ilan, J., Levene, M., Ortega, J.L., (2010) *Comparing university rankings*. *Scientometrics* 85(1):243–256, pp. 250-251.

Matteo Capponi, (2019) Tesi di laurea *Metodi e strumenti per la gerarchizzazione delle caratteristiche tecniche nel Quality Function Deployment* [Online]. Politecnico di Torino, pp. 64-65.

Disponibile all'indirizzo: <https://webthesis.biblio.polito.it/10554/1/tesi.pdf>. [Consultato il 5 Giugno 2021]

Franceschini, F. & Maisano, D., (2019) *Design decisions: concordance of designers and effects of the Arrow's theorem on the collective preference ranking*. Springer, *Research Engineering Design* 30(3):425-434, pp. 427-431.

Allegati

Allegato 1 – Estrazione del campione di 10 università

Allegato 2 – Estrazione del campione di 100 università

Allegato 3 – Applicazione Metodo di Borda per il campione di 10 università

Allegato 4 – Applicazione Metodo di Borda per il campione di 100 università

Allegato 5 – Applicazione Metodo di Condorcet per il campione di 10 università

Allegato 6 – Applicazione Metodo di Condorcet per il campione di 100 università

Allegato 7 – Calcolo coefficiente W di Kendall per il campione di 10 università

Allegato 8 – Calcolo coefficiente W di Kendall per il campione di 100 università

Allegato 9 – Misura della distanza tra ranking

Allegato 10 – Calcolo coefficiente α di Cronbach per il campione di 10 università

Allegato 11 – Calcolo coefficiente α di Cronbach per il campione di 100 università

Allegato 12 – Coefficiente di correlazione tra Kendall e Cronbach

Ringraziamenti

Mi è doveroso dedicare questo spazio del mio elaborato a tutti coloro che mi sono stati vicini, con il loro instancabile supporto, in questo percorso di crescita personale e professionale.

Vorrei ringraziare il mio relatore, il Prof. Fiorenzo Franceschini, per la sua immensa pazienza e per i suoi indispensabili consigli. Oltre ad avermi guidato nella stesura di questo lavoro, mi ha trasmesso la passione e l'entusiasmo necessari affinché la tesi prendesse forma giorno dopo giorno. Porterò sempre con me il bagaglio culturale che mi ha trasmesso. Desidero inoltre ringraziare il correlatore, il Prof. Maisano.

Ringrazio infinitamente la mia famiglia, in particolare mia madre e mio padre: è grazie al loro sostegno e al loro incoraggiamento se oggi sono riuscita a raggiungere questo traguardo.

Grazie alla mia mamma, la mia più fidata consigliera e il mio punto fermo. Mi è costantemente vicina, ha asciugato in segreto le mie lacrime, incoraggiato i miei passi e protetto il mio cammino. Grazie per essere stata sempre al mio fianco e per avermi ascoltato, sempre. Grazie per tutto quello che fai per me.

Grazie anche a te papà per aver sempre creduto in me, come persona e come il buon ingegnere che spero di essere. Grazie per avermi sempre sostenuto e appoggiato in ogni mia decisione. Grazie per ogni sorriso sincero.

Vorrei che questo mio traguardo raggiunto, per quanto possibile, fosse un premio anche per voi e per i sacrifici che avete fatto.

Ai miei fratelli, Sebastiano e Gaetano, siete il mio porto sicuro. Mai nessuna parola sarebbe sufficiente a descrivere l'amore che ho per voi. Vorrei augurarvi tanta fortuna. Io per voi ci sarò sempre.

Grazie a te, Alessia, mia compagna di avventura. Grazie per aver condiviso con me ogni disastro e ogni gioia universitaria. Grazie per tutto il tempo che mi hai dedicato. Grazie per avermi fatto capire che ti avrei trovata sempre lì, al mio fianco.

Un ringraziamento speciale va a Luana e Valeria. Grazie Luana per la tua saggezza, la capacità che hai di ascoltare e di dire la tua con l'onestà che ti contraddistingue. Sei il mio incontro fortunato. Valeria, amica sincera e leale che mi ha fatto scoprire la bellezza di avere una persona a cui poter confidare "senza riserve" i miei pensieri e le mie emozioni. Il bene che ti voglio è immenso.

La nostra quotidianità rimarrà sempre nel mio cuore. Grazie perché a voi devo tanto.

Grazie a miei amici del cuore, Concita e Mazzi, per essere stati sempre presenti. Grazie per aver ascoltato i miei sfoghi, grazie per tutti i momenti di spensieratezza. Grazie per avermi tenuta per mano e sostenuto con il sorriso sulle labbra.

A Claudia, la mia bambina. Grazie per la tua presenza e la tua pazienza.

La mia immensa gratitudine, infine, va ai miei nonni, a tutti i miei zii e cugini. Siete la mia gioia. Grazie zia Sofia per le infinite chiacchierate al telefono e per la nostra complicità.

Bene ora sono pronta a volare... sempre più in alto. E se ci riuscirò sarà anche grazie a tutti voi!