

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAMERINO

SCHOOL OF SCIENCES AND TECHNOLOGY

CORSO DI LAUREA IN

MATEMATICA E APPLICAZIONI GESTIONALI E TECNOLOGICHE (CLASSE 32)



La Divulgazione della Ricerca Operativa nelle Scuole Superiori di Secondo Grado

Tesi di Laurea
in Ricerca Operativa (MAT/09)

Relatore

Chiar.mo Prof. Renato De Leone

Laureando

Roberta Sagripanti

Anno Accademico 2010/2011

Indice

Introduzione	1
0.1 Struttura della tesi	9
0.2 L'esperienza del tirocinio	15
1 La Ricerca Operativa	17
1.1 Che cos'è la Ricerca Operativa	17
1.2 Breve storia della Ricerca Operativa	21
1.3 L'importanza della Ricerca Operativa	23
2 IFORS	31
2.1 Premessa	31
2.2 Struttura Organizzativa	32
3 La divulgazione della Ricerca Operativa in America	38
3.1 Introduzione	38
3.2 L'esperienza negli USA	39
3.2.1 INFORMS	39
3.2.1.1 Premessa	39

3.2.1.2	Servizi offerti	42
3.2.1.3	INFORMS per gli studenti	54
3.2.1.4	INFORMS: The Science Of Better	61
3.2.2	HSOR	65
3.2.2.1	Premessa	65
3.2.2.2	Che cos'è la Ricerca Operativa?	66
3.2.2.3	Servizi offerti	67
3.2.3	Progetto MINDSET	75
3.2.3.1	Premessa	75
3.2.3.2	Il progetto MINDSET: caratteristiche	76
3.2.3.3	Insegnare Matematica: approccio tradizionale vs nuovo MINDSET	79
3.2.3.4	Progetto MINDSET: dettagli didattici	87
4	La divulgazione della Ricerca Operativa in Europa	93
4.1	EURO	93
4.1.1	EURO: 24 hours of Operations Research	95
4.2	L'esperienza nel Regno Unito	99
4.2.1	Premessa	99
4.2.2	Learn About Operation Research	103
5	La divulgazione della Ricerca Operativa in Italia	124
5.1	AIRO	124
5.2	L'esperienza presso l'Università degli Studi di Milano	126
5.3	Il laboratorio di ottimizzazione OptLab	133

5.3.1	Premessa	133
5.3.2	Attività per le scuole	136
5.4	LOGIMAT e LOGIMAT2	138
5.4.1	Premessa	138
5.4.2	LOGIMAT e LOGIMAT2: caratteristiche	140
5.5	Progetto MIUR di diffusione della Ricerca Operativa	146
5.6	Gare AIRO di Ricerca Operativa	150
5.6.1	Premessa	150
5.6.2	Le gare nel corso degli anni	153
5.6.2.1	Fino al 2008	153
5.6.2.2	Dal 2008 al 2011	158
6	Il problema del commesso viaggiatore (TSP)	162
6.1	Generalità e formulazione	162
6.2	TSP all'interno di HSOR	165
6.3	TSP all'interno di Learn About Operation Research	167
	Conclusioni	170
	Bibliografia	175
	Sitografia	176

Introduzione

Questo lavoro di tesi ha lo scopo di presentare e descrivere alcune delle attività di divulgazione della Ricerca Operativa nelle scuole superiori di secondo grado, con particolare riferimento a quello che accade negli USA, nel Regno Unito ed in Italia. Il lavoro di questa tesi nasce da una collaborazione tra l'Università di Camerino e l'Istituto Tecnico Industriale "Enrico Mattei" di Recanati (dove mi è stato gentilmente permesso di effettuare il tirocinio, in sostituzione dello stage, previsto dal *curriculum* didattico). Ad aver motivato ulteriormente la scelta di questo argomento, dando avvio alle varie ricerche, è stata una domanda fatta dagli stessi ragazzi ovvero: "*che cos'è la Ricerca Operativa?*". Per rispondere in maniera esaustiva a questa domanda si è cercato di vedere che cosa succede in altri due paesi, in modo particolare nel Regno Unito e negli USA, riguardo la diffusione e la divulgazione della Ricerca Operativa. Pertanto le domande a cui si è cercato di dare una risposta con la ricerca prima e la stesura della tesi poi sono state:

- *perché la Ricerca Operativa è così poco conosciuta in Italia?*
- *cosa si può fare per colmare questo vuoto?*

- *quali sono i progetti che le società di Ricerca Operativa e le Università nel Regno Unito e negli USA, portano avanti per la divulgazione della stessa nel mondo scolastico e del lavoro?*

In particolare si vuole mettere in evidenza un aspetto: nonostante la Ricerca Operativa costituisca un efficace ed efficiente approccio didattico - metodologico a sostegno dello sviluppo dell'intero programma di studio della matematica nelle scuole superiori di secondo grado, con innumerevoli collegamenti che essa permette tra scuola e lavoro e tra scuola ed Università, con ampi vantaggi sia dall'una che dall'altra parte, ci sono due situazioni che si riscontrano, opposte tra loro:

- paesi come il Regno Unito e gli USA in cui sono attivati da tempo ampi e variegati progetti, iniziative, percorsi formativi, tutti finalizzati all'introduzione e all'insegnamento della Ricerca Operativa nelle scuole superiori di secondo grado, in alcuni casi a partire dagli 11 anni;
- paesi come l'Italia dove, pur essendo riconosciuta come valido supporto a tutte le situazioni in cui bisogna prendere "decisioni", a livello di didattica e suo relativo insegnamento nelle scuole superiori di secondo grado, rimane meno sviluppata rispetto agli altri stati citati prima.

In Italia, in effetti, a livello scolastico e riguardo i programmi ministeriali dei nuovi licei, c'è stata un'inversione di tendenza in negativo.

*Prima della riforma Gelmini*¹ la Ricerca Operativa era presente:

¹Con il termine "riforma Gelmini" si indica comunemente l'insieme degli atti normativi riguardanti il settore dell'istruzione entrati in vigore durante la permanenza in carica del Ministro dell'I-

- negli Istituti Tecnici per il Turismo (ITT);
- negli Istituti Tecnici Commerciali (ITC) ad indirizzo "IGEA" e "Progetto Mercurio";
- negli Istituti Tecnici Industriali ad indirizzo Informatico.

Per quanto riguarda i primi due istituti (ITT ed ITC), l'insegnamento della Ricerca Operativa prevedeva un'introduzione e la Programmazione Lineare compreso il metodo del simplesso, mentre negli Istituti Tecnici Industriali riguardava un'introduzione alla Ricerca Operativa, la Programmazione Lineare, Simulazione e Teoria delle code.

Con la riforma Gelmini ed il riordino dei licei² la classe di insegnamento che copriva la Ricerca Operativa, che negli Istituti Tecnici Industriali si chiamava "Statistica e Ricerca Operativa", è andata a scomparire lasciando come obiettivi specifici di apprendimento il concetto di modello matematico, l'idea generale che c'è dietro la Ricerca Operativa e qualche eventuale accenno al concetto di ottimizzazione nelle classi quinte (scelta che dipende molto dall'insegnante).

Il motivo per cui si verifica questa situazione in Italia, opposta e contraria a quello che invece si riscontra nel Regno Unito e negli USA, non è chiaro. Infatti se confrontiamo l'offerta scolastica per gli studenti inglesi ed americani, la struzione, dell'Università e della Ricerca Mariastella Gelmini. Questi interventi sono contenuti in alcuni articoli della legge 133/2008, e sono proseguiti con la legge 169/2008, il cui scopo principale è quello di riformare il sistema scolastico italiano. La riforma è entrata in atto il 1^o settembre 2009 per la scuola primaria e secondaria di primo grado, mentre per la scuola secondaria di secondo grado il 1^o settembre 2010. La legge n. 240/10 del 30 dicembre 2010 di Riforma del sistema universitario è entrata in vigore nel gennaio 2011.

²<http://nuoviprofessionali.indire.it/>

differenza si nota. In realtà in Italia c'è una piena coscienza del grande potenziale che essa ricopre, mettendo la matematica al servizio della gestione. La Ricerca Operativa in ambito aziendale apporta valore aggiunto ottimizzando risorse, massimizzando i profitti e minimizzando i costi di gestione e questo in una sola parola significa, risparmio. Per questo motivo sempre più aziende, sempre più organizzazioni in qualsiasi ambito richiedono consulenti esperti in Ricerca Operativa. Invece a livello di insegnamento della Ricerca Operativa nelle scuole superiori di secondo grado, la situazione è diversa rispetto a quello che accade nel Regno Unito o negli USA dove c'è un'ampia gamma di progetti e attività rivolte agli studenti di qualsiasi età. È chiaro a tutti che la Ricerca Operativa può essere perfettamente la risposta concreta alla ricerca di interdisciplinarietà matematica-informatica di cui spesso si parla nei documenti del MIUR (Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca) o negli stessi POF (Piano Offerta Formativa) delle scuole. Consultando il sito "The Science of Better" [s1] ci si rende subito conto del grande impatto che le sue applicazioni hanno in tutti i settori dell'economia. Anche in Italia si possono fare altrettanti esempi di come e dove la Ricerca Operativa viene impiegata: Trenitalia ed Alitalia utilizzano la Ricerca Operativa per pianificare gli orari ed i tragitti dei viaggiatori, la Colussi Group per minimizzare i costi di trasporto dei prodotti attraverso la localizzazione ottimale dei centri di distribuzione e la determinazione dei flussi di materiale da essi trattati oppure nell'ambito della logistica umanitaria, un nuovo settore di recente sviluppo.

Il rapporto aziende-Università è forte al punto che in Italia sono tante le sedi universitarie che offrono vari corsi di laurea, post-laurea e master di specializ-

zazione per "diventare" esperti in questo campo. Quello che manca è un'offerta formativa per le scuole superiori di secondo grado o meglio, andrebbe sviluppata ulteriormente. Ci sono situazioni reali (alcune riportate in questa tesi) che testimoniano come si può e si dovrebbe iniziare ad insegnare a partire dalle scuole elementari. Infatti i concetti di obiettivo, vincolo, decisione, sono concetti primitivi, fondamentali, che non richiedono particolari prerequisiti e che i bambini apprendono con naturalezza; lo stesso vale anche per il concetto di algoritmo, che tutti i bambini apprendono per eseguire calcoli. È fondamentale e necessario che la Ricerca Operativa venga inserita nei programmi ministeriali di tutti i licei (così chiamati dopo la riforma Gelmini), non solo nel quinto anno ma a partire dal biennio, come un metodo didattico multifunzionale al servizio dell'informatica e di tutta la matematica. In questo modo la Ricerca Operativa:

- *"serve" la matematica* nel suo ruolo modellistico, così gli studenti occupano il loro tempo per qualcosa non più solo astratto ma concreto, con applicazioni di vita quotidiana e reali;
- *"serve" l'informatica* perché insieme realizzano algoritmi efficienti per la risoluzione di problemi, dopo essere stati formulati e modellizzati matematicamente. In questo modo l'informatica non è solo "informatizzare" ma anche "ottimizzare". Infatti ogni problema deve essere risolto a partire dai suoi dati ed oggi in tutti i settori i dati in formato digitale, che abbondano con facilità, vengono trasmessi via internet ed archiviati ma mancano gli strumenti per usare tutti questi dati ed estrarre da essi tut-

te le informazioni rilevanti per poi passare alla conoscenza ed infine alle decisioni.

I corsi di studio in OR/MS - Operations Research and Management Science - a livello universitario, sono in continua espansione, negli USA e nel Regno Unito. Va sottolineato che in tutti i casi in cui la Ricerca Operativa viene presentata agli studenti, con seminari, utilizzo di software, esperienze reali di chi ha guadagnato con la Ricerca Operativa, si riscontra una risposta estremamente formativa, a conferma del fatto che vedono chiaramente l'utilità dei loro studi matematici.

Il 1 settembre 2009 The Wall Street Journal ha pubblicato una classifica che mostra i migliori ed i peggiori lavori negli Stati Uniti, un'indagine che si è effettuata con una valutazione di 200 professioni per determinare il migliore e il peggiore secondo cinque criteri inerenti ad ogni lavoro: ambiente, reddito, prospettive di lavoro, sforzi fisici e stress. L'indagine ha mostrato come la professione di matematico è al primo posto della Figura 1 con un reddito medio (uno degli parametri considerati ma non l'unico) superiore a \$ 94.000 l'anno³. Dal 2008 la professione del "ricercatore operativo" è diventata una delle dieci più richieste e meglio remunerate del mercato del lavoro negli USA. Di conseguenza, in parallelo, anche l'ambiente dell'istruzione ha seguito questa tendenza, a partire da ED.gov, il dipartimento per l'educazione USA [s2] che nel rapporto - A Report to the Nation from The National Commission on Mathematics and Science Teaching for the 21st Century⁴ - concentra l'attenzione su una nuova dimensione dell'insegnamento della matematica all'insegna della

³L'articolo è presente a questa pagina <http://online.wsj.com/article/SB123119236117055127.html>

⁴<http://www2.ed.gov/inits/Math/glenn/report.pdf>

The Best and Worst Jobs

Of 200 Jobs studied, these came out on top -- and at the bottom:

The Best	The Worst
1. Mathematician	200. Lumberjack
2. Actuary	199. Dairy Farmer
3. Statistician	198. Taxi Driver
4. Biologist	197. Seaman
5. Software Engineer	196. EMT
6. Computer Systems Analyst	195. Roofer
7. Historian	194. Garbage Collector
8. Sociologist	193. Welder
9. Industrial Designer	192. Roustabout
10. Accountant	191. Ironworker
11. Economist	190. Construction Worker
12. Philosopher	189. Mail Carrier
13. Physicist	188. Sheet Metal Worker
14. Parole Officer	187. Auto Mechanic
15. Meteorologist	186. Butcher
16. Medical Laboratory Technician	185. Nuclear Decontamination Tech
17. Paralegal Assistant	184. Nurse (LN)
18. Computer Programmer	183. Painter
19. Motion Picture Editor	182. Child Care Worker
20. Astronomer	181. Firefighter

Figura 1: The Best and Worst Jobs in the United States

Ricerca Operativa. Nei principali paesi occidentali sono già in atto importanti iniziative per l'introduzione della ricerca operativa nelle scuole superiori quali HSOR, MINDSET, Learn About Operation Research, etc.

Negli USA esistono un centinaio di corsi di laurea, anche a livello master in Operations Research/Management Science mentre con finanziamenti dell'Unione Europea è stato sviluppato, da università tedesche e spagnole, un progetto denominato Management Mathematics for European Schools⁵.

Di fronte ad una vastità di offerta formativa e didattica per l'insegnamento della Ricerca Operativa e la formazione degli insegnanti che proviene dagli USA e dal Regno Unito, in Italia c'è un buco che riguarda soprattutto il rapporto Ricerca Operativa-scuole superiori di secondo grado, dove dovrebbe essere sviluppata di più di quella che c'è ora. Come? Presentare periodicamente agli studenti seminari, con relatori studenti universitari, per far conoscere la Ricerca Operativa, i suoi mille ambiti di applicazioni e le tante aziende che hanno ricevuto valore positivo dall'impiego di essa; incentivare la partecipazione alle gare annuali AIRO, volte ad introdurre la Ricerca Operativa nelle scuole superiori che ha come vantaggio principale la partecipazione di tutti gli studenti, a prescindere dalle loro competenze matematiche e senza nessuna selezione; proporre visite ai laboratori di Ricerca Operativa come quello di Crema OptLab. Chiaramente prima di intraprendere queste iniziative occorre:

- riflettere sul ruolo importante e multifunzionale che la Ricerca Operativa ricopre nella vita quotidiana;
- rivedere e riformulare i contenuti degli insegnamenti di matematica in

⁵<http://optimierung.mathematik.uni-kl.de/mamaesch>

tutti i licei in modo da adeguare l'offerta didattica delle scuole superiori di secondo grado italiane al pari di quelle europee ed americane e rispondere alla crescente domanda di ottimizzazione e supporto alla decisioni che proviene dagli enti militari, dalla pubblica e priva amministrazione, dalle piccole e medie imprese, dalle grandi aziende, dall'enorme disponibilità di dati digitali. . . ;

- formare gli insegnanti con corsi di formazione incentrati sulla Ricerca Operativa fornendo loro materiale didattico con il quale insegnare agli alunni i vari concetti, supportati anche dal lavoro divulgativo e didattico portato avanti dalle grandi società ed associazioni di Ricerca Operativa.

0.1 Struttura della tesi

Dopo una panoramica sulla Ricerca Operativa, questo lavoro di tesi è stato organizzato per aree geografiche, partendo dall'organizzazione più grande fino alla più piccola. Il **capitolo 1** ha lo scopo di introdurre sommariamente la Ricerca Operativa, focalizzando l'attenzione su cosa sia, o meglio cosa fa, come sia nata e quali siano i suoi punti di forza, fanno seguito quattro capitoli che hanno lo scopo di presentare le varie organizzazioni e le attività di divulgazione che sono intraprese in alcuni stati per insegnare la Ricerca Operativa nelle scuole superiori di secondo grado.

In particolare nel **capitolo 2** viene illustrata la maggiore organizzazione di Ricerca Operativa IFORS (International Federation of Operational Research Societies) - Federazione Internazionale delle Associazioni di Ricerca Operativa -

che esiste dal 1959 e a cui, al momento, fanno parte 48 associazioni nazionali di Ricerca Operativa, di quattro aree geografiche, Asia, Europa, Nord America e Sud America, il cui scopo principale è promuovere la Ricerca Operativa come disciplina accademica e lavorativa. IFORS è composta da quattro gruppi regionali:

1. ALIO (Latin American Ibero Association on Operations Research) - Associazione Americo-Latina di Ricerca Operativa
2. NORAM (The Association of North American Operations Research Societies) - Associazione Nord-Americana di Ricerca Operativa
3. EURO (The Association of European Operational Research Societies) - Associazione Europea di Ricerca Operativa
4. APORS (The Association of Asian-Pacific Operational Research Societies) - Associazione Asiatica di Ricerca Operativa

Nel **capitolo 3** viene presentata la divulgazione della Ricerca Operativa in America andando ad analizzare nel dettaglio:

- INFORMS (The Institute for Operations Research and the Management Sciences) - Istituto per la Ricerca Operativa/Management Science - membro di IFORS, nata nel 1995 dalla fusione di ORSA (Operations Research Society of America) e TIMS (The Institute of Management Sciences), è la società professionale con il maggiore numero di iscritti nel campo della Ricerca Operativa la cui missione è quella di guidare allo sviluppo, alla diffusione, all'attuazione di conoscenze che riguardano la Ricerca Operativa/management Science come disciplina che integra ed estende i principi

e le tecniche di ingegneria, la matematica e la fisica, le informazioni e scienze sociali ed i relativi metodi scientifici per rispondere così alle esigenze scientifiche e professionali ricercatori, scienziati, studenti, manager e consulenti, nonché le organizzazioni che servono. Dopo aver analizzato la struttura organizzativa dell'Istituto, i servizi offerti, le pubblicazioni scientifiche e la vasta gamma di attività rivolte agli studenti, si è analizzata una campagna divulgativa e promozionale della Ricerca Operativa a cura del INFORMS Marketing the Profession Committee, "The Science Of Better", la scienza dell'ottimo, slogan da loro promosso come un modo convincente per introdurre il potere di trasformazione che la Ricerca Operativa è in grado di portare in qualsiasi organizzazione, migliorando qualsiasi situazione e portando sempre valore aggiunto;

- HSOR (High School Operations Research) - Scuola Superiore di Ricerca Operativa - è un'iniziativa attiva già dal 1996 da Kenneth R. Chelst e Thomas G. Edwards (Wayne State University, Michigan, USA), sponsorizzata tra l'altro anche da INFORMS, per l'introduzione della Ricerca Operativa nelle scuole superiori statunitensi. Particolare attenzione è stata posta al libro "*Does this line ever move? Every Applications of Operation Research*" scritto da Kenneth R. Chelst e Thomas G. Edwards, i quali hanno preso problemi reali dal campo della Ricerca Operativa per creare 10 attività di facile utilizzo, andando ad esplorare argomenti standard come l'algebra ed argomenti propri della Ricerca Operativa come l'ottimizzazione e la teoria delle reti;
- MINDSET (Mathematics INstruction using Decision Science and Engi-

neering Tools) - Insegnare Matematica usando la Scienza delle Decisioni e gli Strumenti di Ingegneria - progetto quadriennale nato da HSOR che ha ricevuto nel 2008 un finanziamento di 3 milioni di dollari da parte della National Science Foundation con l'obiettivo di introdurre Ricerca Operativa in tutte le scuole superiori del North Carolina e del Michigan; azione intrapresa a seguito dei test effettuati nelle valutazioni internazionali in matematica degli studenti statunitensi. Questa indagine corrisponde in Italia a quelle di OCSE/PISA (Organisation for Economic Co-operation and Development/Programme for International Student Assessment) che evidenzia annualmente, seppur con dei miglioramenti anno dopo anno, che gli studenti italiani risultano mediamente molto meno preparati dei loro coetanei di fronte a test e valutazioni riguardo problem solving, lo sviluppo di modelli di situazioni complesse e l'uso degli stessi, la valutazione di strategie appropriate per risolvere i problemi complessi da cui nascono questi modelli, . . .).

Nel **capitolo 4** viene illustrata la divulgazione della Ricerca Operativa in Europa che viene affidata ad EURO, fondata nel 1975, che conta 28 società nazionali ed organizza e coordina conferenze internazionali e pubblica riviste scientifiche di altissimo livello. EURO è un'associazione no-profit, con sede in Svizzera, il cui scopo è promuovere la Ricerca Operativa ovunque in Europa. Dopo aver illustrato un progetto di EURO denominato "24 hours Operation Research" si è passati ad analizzare nel dettaglio cosa succede nel Regno Unito. Tra tutti gli stati europei si è deciso di scegliere il Regno Unito per vari motivi. Il Regno Unito si intreccia alla Ricerca Operativa fin dalla sua nascita ed inoltre la

società inglese di Ricerca Operativa, tra tutte le società, è la più vecchia e si è consolidata negli anni diventando punto di riferimento per la professione di ricercatore operativo ed una della più grandi al mondo con 3000 membri in 53 paesi. Uno dei siti ad essa collegata a cui fa riferimento anche altre società, organizzazioni ed enti è quello denominato "Learn About Operation Research" che include materiale didattico e di formazione per insegnanti, studenti dagli 11 ai 14 anni, dai 14 ai 16 ed oltre 16 anni, per gli studenti universitari, per chi vuole costruire la propria carriera intorno alla Ricerca Operativa o opera nel business.

Nel **capitolo 5** viene presentata la situazione dell'Italia, partendo da AIRO, nata nel 1961 da un gruppo di studiosi, tecnici e dirigenti industriali riuniti in rappresentanza di importanti aziende pubbliche e private, di istituti universitari, enti di ricerca, ministeri e ISTAT ed annovera circa 400 soci tra ricercatori, professionisti, dipartimenti universitari, imprese ed enti. Per quanto riguarda le attività divulgative e di insegnamento della Ricerca Operativa nelle scuole superiori si è analizzata:

- l'Università degli Studi di Milano ed in particolare il contributo del Professore Giovanni Righini, che ha raccolto nel suo sito ampio materiale riguardante l'insegnamento della Ricerca Operativa nelle scuole, materiale realizzato dai suoi corsi universitari, dal corso di perfezionamento in "Didattica della Ricerca Operativa" da lui svolto nel 2007 e da collaborazioni con altri docenti delle università italiane;
- il laboratorio di ottimizzazione OptLab, collegato all'Università degli Studi di Milano, che organizza varie attività e stage di orientamento per le

- scuole superiori, in particolare lo stage dal titolo "Ottimizziamo";
- i progetti LOGIMAT e LOGIMAT2, corsi organizzati da Antonio Sforza, Carlo Sbordone dedicati agli insegnanti delle scuole superiori di primo e secondo grado per approfondire l'insegnamento della matematica e le tecniche di apprendimento legate all'ambito logico-matematico;
 - progetto multimediale MIUR di diffusione della Ricerca Operativa, costituito da quattro giochi ad essa legati;
 - gare AIRO di Ricerca Operativa costituite da due fasi, quella locale in cui i partecipanti devono trovare una soluzione ai quesiti proposti sul sito con qualsiasi metodo, purché documentato ed una fase nazionale, in collegamento su una piattaforma on-line dell'Università di Milano da sedi locali.

Infine nel **capitolo 6** viene illustrato il problema TSP (Travelling Salesman Problem) - il problema del commesso viaggiatore - che è privo di soluzione generale, ossia è un problema aperto. Infatti una delle sfide della Ricerca Operativa negli ultimi decenni del secolo scorso è stata quella di trovare i percorsi ottimali per il problema del commesso viaggiatore con un numero molto elevato di città ⁶. In questo capitolo viene preso in considerazione il

⁶Le metodologie di programmazione matematica capaci di risolvere il problema del commesso viaggiatore partono dal modello proposto da Dantzig, Fulkerson e Johnson, che nel 1954 ha dato la soluzione per 49 città, che rappresentavano le capitali degli Stati Uniti. Nel 1962 Groetschel determinò un percorso ottimale costituito dalle 120 città principali della Germania, ma un notevole passo avanti fu compiuto nel 2001 dai matematici Applegate, Bixby, Chvátal e Cook mappando 15112 città tedesche. Con il diffondersi della reti veloci di computer la soglia precedente di 15112 città è

problema all'interno di HSOR e di Learn About Operation Research, come viene introdotto e spiegato agli alunni.

0.2 L'esperienza del tirocinio

Il tirocinio è stato svolto presso l'Istituto di Istruzione Superiore ITIS "E. Mattei" di Recanati, nell'ambito dello stage previsto nel curriculum di ordinamento universitario. I due tutor sono stati: per Unicam il Professor Renato De Leone e per la scuola ospitante la Professoressa Silvia Giampaoli. Il tirocinio si è svolto nelle classi 3°C e 4°C, articolata con l'indirizzo di chimica, 3°A, 4°A e 5°A, tutte del corso di specializzazione di informatica - Progetto ABACUS. L'attività è iniziata il 12 novembre del 2009 e si è conclusa l'8 giugno 2010, i giorni presenti a scuola sono stati 88 per un totale di 470 ore. La materia di insegnamento in tutte le classi era "Statistica e Ricerca Operativa" ma in realtà la Ricerca Operativa è stata soltanto programma per la classe quinta. In particolare il programma svolto in classe includeva: controllo statistico di qualità e carte di controllo, la Ricerca Operativa (definizione, cenni storici, natura, caratteristiche, campi di applicazione, fasi per affrontare uno studio di Ricerca Operativa, definizione dei concetti di variabili, parametri, vincoli, funzione obiettivo, classificazione dei modelli matematici, modelli della Ricerca Operativa, . . .), la Programmazione Lineare (problemi in due e tre variabili, risoluzione con il metodo grafico), la Programmazione Lineare con Excel, illustrata superata: nel 2004 è stato determinato un percorso ottimale per il problema del commesso viaggiatore attraverso 24978 città svedesi e si auspica nella ricerca di altri risultati sorprendenti.

strazione di quattro progetti nell'ambito dell'esame Modelli Matematici per la Gestione Aziendale e del funzionamento del software GAMS.

Capitolo 1

La Ricerca Operativa

1.1 Che cos'è la Ricerca Operativa

La Ricerca Operativa è una disciplina relativamente recente. Il termine è stato coniato verso la fine degli anni '30 in ambito militare e deriva dal termine inglese "Operational Research" o americano "Operations Research" [1].

È definita anche come:

- **Management Science**
- **Decision Science**
- **Industrial Engineering**
- **Matematical Programming - Optimization**

ciascuno dei quali specializza la Ricerca Operativa in alcuni suoi aspetti ma nessuno dei quattro termini, esclusi "Operational Research" e "Operations Research", da cui l'italiano Ricerca Operativa, riescono a "contenerla" tutta

perché ognuno fa riferimento ad un particolare suo aspetto.

La Ricerca Operativa è **Management Science**, termine che evidenzia gli aspetti più caratteristici della disciplina: "management" cioè la gestione e "science" che mette in evidenza il carattere rigoroso tipico di una scienza, ma non è solo Management Science.

La Ricerca Operativa è **Decision Science** quando si vuole far riferimento ad uno dei suoi obiettivi ovvero fornire strumenti matematici che permettano di operare le scelte migliori e di supportare le attività decisionali, in cui occorre gestire e coordinare attività e risorse limitate al fine di massimizzare o minimizzare una funzione obiettivo rispettando vincoli che sono imposti dall'esterno e non sono sotto il controllo di chi deve compiere le decisioni, ma non è solo Decision Science.

La Ricerca Operativa è **Industrial Engineering** quando viene utilizzata a supporto delle attività gestionali e strategiche che governano nelle aziende i flussi di materiali e delle relative informazioni, dalle origini presso i fornitori fino alla consegna dei prodotti finiti ai clienti e al servizio post-vendita, ma non è solo Industrial Engineering.

La Ricerca Operativa è **Matematical Programming - Optimization** quando guarda gli aspetti matematici di ottimizzazione e programmazione matematica, che non esclude la programmazione dei calcolatori, ma non è solo Matematical Programming - Optimization¹.

Già facendo soltanto riferimento alla nomenclatura, con tanti aspetti che la Ricerca Operativa include al suo interno, appare evidente che dare una de-

¹C'è stata la proposta, ma solo proposta, di riferirsi alla Ricerca Operativa con il nome unico di Analytics.

finizione univoca ed universalmente accettata di cosa sia non è facile perché ognuna è corretta e sottolinea un aspetto di questa disciplina che la caratterizza. Inoltre da quanto è "nata", ha avuto varie trasformazioni che consentono di analizzarla sotto vari punti di vista. Proprio per questo motivo è più facile rispondere alla domanda "*che cosa fa la Ricerca Operativa?*" piuttosto che alla domanda "*che cos'è la Ricerca Operativa?*" e tra le varie definizioni, riportate da studiosi di Ricerca Operativa, associazioni e società di Ricerca Operativa, troviamo:

- la Ricerca Operativa studia, progetta ed impiega modelli matematici, metodi quantitativi, strumenti software avanzati, simulazione ed altre tecniche analitiche per affrontare e risolvere problemi complessi ed identificarne le soluzioni - AIRO;
- la Ricerca Operativa cerca di risolvere in modo quantitativo problemi di decisioni, sia con lo scopo di ottenere il meglio (qualunque cosa significa il "meglio" per chi deve decidere) dal possibile comportamento derivante dalle decisioni, sia con lo scopo di ottenere una descrizione di quello che, nel futuro, sarà l'ambiente nel quale le decisioni devono essere prese [2];
- la Ricerca Operativa è il procedimento della scienza moderna di fronte ai complessi problemi di scelta che sorgono nella direzione dei grandi sistemi di uomini, macchine, materiali e denaro nell'industria, nel commercio, nel governo e nella difesa, sviluppando un modello scientifico del sistema, che includa misure di fattori quali il caso e il rischio con il quale predire e confrontare politiche ed azioni - INFORMS;

- è la scienza del processo decisionale razionale, dello studio, la progettazione e l'integrazione di situazioni complesse e sistemi con l'obiettivo di predire il comportamento del sistema e migliorare o ottimizzare le prestazioni del sistema, comprendendo modelli gestionali decisionali, matematica ed informatica e l'uso delle tecnologie dell'informazione per un processo decisionale informato [s3].

La mancanza, ad oggi, di un punto di incontro sia nella nomenclatura che nella definizione di cosa sia la Ricerca Operativa (o cosa fa) è dovuto principalmente al fatto che due sono le scuole di pensiero degli studiosi di questa disciplina:

1. la Ricerca Operativa è *un metodo scientifico* che si propone di fornire al personale dirigente gli elementi quantitativi idonei a servire una base alle decisioni che riguardano le operazioni che essi controllano;
2. la Ricerca Operativa è *l'applicazione del metodo scientifico* da parte di gruppi interdisciplinari (gruppi eterogenei di lavoro) a problemi che implicano il controllo di sistemi organizzati (interazione uomo-macchina) al fine di fornire soluzioni che meglio servano gli scopi dell'organizzazione nel suo insieme.

Aspetto comune alle due scuole di pensiero è che uno dei compiti a cui la Ricerca Operativa assolve, come si deduce da tutti gli studi che la riguardano, è quello di fornire agli organi decisionali elementi sufficienti di conoscenza sui problemi affrontati, proponendo soluzioni derivanti da un rigoroso schema di ragionamento e non di sostituirsi a loro nell'assumere le decisioni, ma fornire

soluzioni dei problemi ottenute con metodi scientifici con le quali effettuare scelte razionali.

1.2 Breve storia della Ricerca Operativa

I primi problemi di Ricerca Operativa furono del tipo:

- come dimensionare i convogli di navi statunitensi in modo da attraversare l'Atlantico minimizzando gli effetti dei sottomarini tedeschi?
- a che profondità far esplodere le cariche antisommergibile per massimizzare la loro efficacia?
- dove localizzare i radar per sorvegliare nel modo migliore lo spazio aereo sul canale della Manica, in previsione di incursioni della Luftwaffe?

Infatti la nascita della Ricerca Operativa è dovuta ad esigenze di tipo militare durante la Seconda Guerra Mondiale ed è legata agli studi che negli anni immediatamente precedenti alla guerra vennero condotti in Gran Bretagna per risolvere problemi strategici e tattici in operazioni militari. Più in particolare questi studi erano legati all'uso efficiente di un nuovo strumento di difesa: il radar.

Infatti nel 1937 la Royal Air Force iniziò degli esperimenti di un sistema di controllo della difesa aerea basato sull'uso di una stazione radar situata a Bawdsey Research Station, nella costa est. Già dai primi esperimenti si resero conto che era molto difficile gestire efficientemente le informazioni provenienti dal radar.

Nel *luglio 1938* furono compiuti altri esperimenti con l'aggiunta di quattro

stazioni radar lungo la costa britannica nella speranza che il sistema di controllo migliorasse sia in copertura sia in efficienza ma non fu così. Dai nuovi esperimenti emersero seri problemi: c'era la necessità di coordinare e correlare le tante informazioni, spesso anche in conflitto tra loro, che venivano ricevute dalle stazioni radar aggiunte. Nell'imminenza della guerra si rese necessario tentare qualche nuovo approccio, perciò il sovrintendente della Bawdsey Research Station propose di sviluppare un programma di ricerca che riguardasse gli aspetti *operativi* del sistema e non più solamente quelli prettamente tecnici che erano da considerare soddisfacenti. Il termine "*Operational Research*" - ricerca nelle operazioni (militari) - fu coniato per descrivere questa nuova branca delle scienze applicate.

Fu quindi selezionato un gruppo di scienziati di vari discipline per costituire un "*OR team*": il progetto fu diretto dal comandante in capo della Royal Air Force, Air Chief Marshal Sir Hugh Dowding.

Nell'estate 1939 la Gran Bretagna effettuò l'ultima esercitazione pre-bellica dove si evidenziò un notevole miglioramento nelle operazioni di difesa aerea grazie al contributo del gruppo di scienziati.

Nacque quindi una vera e propria sezione che più tardi, nel 1941 che prese il nome formale di "*Operational Research Section*". Durante il conflitto mondiale furono molteplici e importanti i contributi strategici di questa sezione permettendo di salvare piloti e aerei.

Al termine della guerra alcuni degli scienziati coinvolti nel progetto formarono nuclei di ricercatori per lo sviluppo post bellico e la loro attività si estese a campi diversi da quello militare; in particolare con lo sviluppo delle iniziative

industriali e con l'avvento dei computer c'è stata un'espansione dell'utilizzo della Ricerca Operativa all'interno di diverse realtà applicative.

Dagli anni '60 in poi le applicazioni della Ricerca Operativa hanno avuto diffusione crescente, inizialmente nell'ambito di grandi gruppi industriali e successivamente, grazie anche alla disponibilità di grandi potenze di calcolo a costi contenuti, in quasi ogni settore industriale, nei servizi e nelle amministrazioni pubbliche [1].

I risultati di questi primi studi ebbero un effetto decisivo per la vittoria degli alleati nella Battaglia d'Inghilterra e più in generale per determinare l'esito del conflitto mondiale. È solo il caso di aggiungere che sull'esito della Seconda Guerra Mondiale, gli storici sono concordi sul fatto che è dovuto essenzialmente a due "invenzioni" degli inglesi, adottate quasi subito anche dagli americani: il radar e la Ricerca Operativa ([3], [4], [5]).

1.3 L'importanza della Ricerca Operativa

Si parla di Operations Research e Management Science perché esiste una disciplina scientifica, la Ricerca Operativa appunto, che costituisce la risposta che il mondo accademico può dare alle esigenze richieste dal mercato globale quali nuove competenze più evolute, interdisciplinari, ovvero innovazioni che combinino insieme persone, tecnologia, valore e clienti.

Perché in questo discorso la risposta può e deve essere la Ricerca Operativa?

Perché questa risposta deve venire, in primis, dall'Università?

Tutte le aziende, grandi e piccole, indipendentemente dal settore di applicazione, cercano talenti, ecco perché l'impresa non può fare a meno dell'Università,

non può non sfruttare l'Università, non può non entrare in osmosi con l'Università². Alcune caratteristiche della Ricerca Operativa, oltre a quella di studiare il problema nel suo insieme, basandosi su modelli teorici e considerando tutti i fattori esterni che potrebbero influenzare il sistema, sono³:

- **varietà di settori in cui può essere applicata:** la Ricerca Operativa è la disciplina che studia problemi decisionali complessi utilizzando metodi analitici avanzati. Per problemi decisionali complessi si intende, principalmente, problemi di ottimizzazione dove si vuole ottimizzare qualcosa - minimizzazione dei costi, massimizzazione di un livello di servizio e dei profitti - che nascono in qualsiasi settore (biologia, finanza, medicina, telecomunicazioni, trasporti, sport, politica, tattica militare, trasporti, economia, agricoltura, turismo, aeronautica...). Questo in genere pone problemi molto complessi da risolvere richiedendo, per la loro risoluzione, metodi avanzati di tipo analitico ed è qui che entra in giro l'approccio scientifico. La Ricerca Operativa ha avuto fin dalla sua nascita relazioni strettissime con l'ingegneria e l'economia, ma oggi il suo raggio d'azione si sta continuamente allargando. Basti citare le recenti applicazioni in biologia (la cosiddetta Computational Biology), in medicina e in altri ambiti insospettabili come lo sport, le scienze sociali e le discipline umanistiche. Per questo la Ricerca Operativa è uno strumento molto efficace per portare gli alunni a sviluppare dei case studies su problemi

²Parte dell'intervento di Carla Milani, IBM University Relations, nell'ambito dell'evento "Busin3ss Analyt1cs - la matematica che crea valore, tenuto il 21 giugno 2011 al polo didattico e di ricerca di Crema dell'Università degli Studi di Milano.

³Parte dell'intervento di Giovanni Righini, nell'ambito dell'evento "Busin3ss Analyt1cs".

reali, soddisfacendo la sempre più spesso ribadita necessità di mantenere l'insegnamento scolastico a stretto contatto con la realtà del mondo del lavoro, allargando gli orizzonti degli alunni, fornendo loro strumenti concettuali e metodologici duraturi (non legati alle "mode" tecnologiche) e di rilevante portata applicativa così da avere immediate ricadute positive sulla motivazione degli studenti;

- **interdisciplinarietà Matematica - Informatica:** dal primo approccio con i numeri e le operazioni alla scuola elementare fino agli assaggi di analisi matematica al quinto anno di scuola superiore, la matematica viene presentata agli alunni per lo più come disciplina finalizzata al calcolo. Invece, soprattutto oggi nell'era dei calcolatori, deve essere chiaro agli alunni che il ruolo della matematica è soprattutto modellistico. La matematica non serve a fare calcoli, bensì a non fare calcoli. Serve invece a fare modelli, in modo che i calcolatori possano fare i calcoli. Dall'altro punto di vista, quello informatico, la diffusione straordinaria per velocità e pervasività dell'Information Technology sta mettendo in secondo piano la classica Computer Science, la disciplina che studiava algoritmi per risolvere problemi, quella di cui Edsger W. Dijkstra diceva "*Computer Science in no more about computers than astronomy is about telescopes*". Oggi l'informatica, intesa come Information Technology tende soprattutto a parlare di se stessa. Queste due tendenze, la matematica intesa per fare calcoli e l'informatica intesa come sola tecnologia, portano ad uno squilibrio tra le due discipline che lascia un vero e proprio "buco" nella formazione degli studenti. La Ricerca Operativa sta proprio a cavallo di

questa lacuna e sarebbe perfetta sia per dare agli studenti una visione più completa e corretta della matematica e dell'informatica sia per aiutarli a fare sintesi: dalla matematica desumiamo i modelli che ci aiutano a rappresentare i problemi che sono oggetto di studio e dall'informatica gli algoritmi e quindi potenza di calcolo, strumenti per elaborare i modelli e le informazioni. Si vede subito che tra queste due aree disciplinari, la matematica e l'informatica si pone la Ricerca Operativa che le collega ed è interdisciplinare per tutti i settori che forniscono i problemi complessi;

- **interdisciplinarietà con altri settori:** il carattere di interdisciplinarietà intrinseco che la Ricerca Operativa ha al suo interno riguarda i metodi e i settori applicativi, quindi non solo il collegamento matematica-informatica ma anche i settori applicativi che li tocca, tutti i possibili immaginabili in maniera trasversale;
- **disciplina scientifica e non tecnologica:** il ricercatore operativo non si pone come obiettivo quello di generare una tecnologia migliore, più potente, più forte rispetto a quella esistente e/o di migliorare la tecnologia ma ha l'obiettivo di usare la tecnologia esistente per risolvere problemi complessi, difficili e questo richiede un approccio scientifico sia nella fase di formulazione che in quella di soluzione dei problemi, sui cui va concentrata l'attenzione, e non sulla tecnologia;
- **settore della matematica applicata:** se si vuole collocare la Ricerca Operativa nell'ambito della tassonomia, questa disciplina ricadrebbe in quella della matematica applicata anche se è ancora in discussione cosa

si intende per "matematica applicata"⁴.

L'aggettivo "applicata" è collegato a due aspetti.

Il *primo aspetto* dovuto alla nascita storica, perché nasce per esigenze applicative reali (scopi militari durante la Seconda Guerra Mondiale) ed ancora oggi è fortemente guidata da esigenze comuni reali come l'emergenza ambientale, l'emergenza sanitaria, la necessità di competitività in ambito privato, la necessità di risparmio in ambito pubblico che sono tutte esigenze applicative reali che guidano la Ricerca Operativa e che "mettono al lavoro" il ricercatore operativo.

Il *secondo aspetto* è che non nasce soltanto dal gusto di pensare, dalla ricerca e dall'approfondimento della disciplina di per se ma è sempre guidata da esigenze applicative e reali;

- **una disciplina matura:** il fatto che la Ricerca Operativa sia guidata da una serie di emergenze, fenomeni, che si sono sviluppati fortemente nel corso degli ultimi anni, non significa che sia una moda di ora e passeggera, al contrario di quello che accade per tecnologie legate ad alte discipline che hanno una prima fase dove si "catalizza" su di loro tutta l'attenzione e tutti ne parlano (in alcuni casi senza nemmeno sapere di cosa si occupano o cosa siano) poi c'è una seconda fase di delusione e di decadenza, dove i risultati non rispondono alle aspettative e quindi viene dimenticato tutto magari sostituito da un altro che nel frattempo è diventato di moda.

⁴La FIMA esiste da qualche anno e le hanno dato vita tre comunità scientifiche quali Statistica, Analisi Numerica e Ricerca Operativa che sono i tre settori che possiamo etichettare, tipicamente, a buon diritto come Matematica Applicata.

Infine c'è una terza fase dello sviluppo sostenibile, duraturo magari lento magari più affidabile nel tempo. La Ricerca Operativa è nella terza fase di sviluppo duraturo proprio perché esiste da 70 anni e questo è importante perché ci si pone nell'ottica di fare degli investimenti strategici in essa in ambito universitario, possiamo essere sicuri che essa sia una disciplina su cui investire in tutta sicurezza;

- **ha come oggetto di studio esigenze e problemi applicativi reali:** ad esempio nel caso dell'*agricoltura*, ottimizzazione del mix di produzione dei terreni (quantità, rotazione...), ottimizzazione di operazioni logistiche di raccolta, simulazione ecosistema e fenomeni correlati (insetti, effetti inquinanti, impollinazione...), ottimizzazione della filiera del fresco e vendita prodotti agricoli a "Km 0"; nella *bioinformatica* allineamento ottimo di sequenze (genomi, proteine), ricerca di configurazioni di minima energia, progettazione di farmaci; nella *tattica militare* problemi di "search & rescue", teoria dei giochi, valutazione del rischio; nel caso della *medicina* allocazione ottima delle risorse, ottimizzazione dei trattamenti di radioterapia, dimensionamento ottimo dei posti di pronto soccorso, logistica ospedaliera; per la *finanza* ottimizzazione del portafoglio azionario, massimizzazione dei profitti, analisi e gestione del rischio; per la *politica* studio e valutazione dei sistemi elettorali, definizione dei distretti elettorali, teoria delle decisioni (problemi a molti obiettivi e a molti decisori); per il *turismo e marketing* customer relationship management, determinazione dinamica dei prezzi, revenue management; per la *pianificazione del territorio* localizzazione ottima di reti di servizi e di in-

infrastrutture, zonizzazione, analisi di scenari di sviluppo (urbano, agricolo, ...); per l'*energia* ottimizzazione nella produzione e nell'uso di energia idroelettrica, eolica, ottimizzazione della robustezza delle reti di distribuzione dell'energia; per le *missioni aerospaziali* pianificazione e scheduling delle operazioni di bordo, ottimizzazione della robustezza dei piani di trasmissione dei dati e dei comandi, allocazione ottima del tempo delle stazioni di terra etc;

- **permette di operare scelte migliori:** nell'ambito della Ricerca Operativa è importante e non da sottovalutare che le decisioni che essa consente di prendere sono le migliori rispetto ad altre. Quello che rende una decisione migliore sono in realtà cinque attributi:
 1. *efficacia*: rispetto agli obiettivi che si propone di raggiungere, è una misura di quanto la soluzione riesce ad ottimizzare l'obiettivo scelto;
 2. *efficienza*: rispetto alle decisioni che consente di prendere per ottenere quegli obiettivi, è una misura di quanto la soluzione riesce ad ottimizzare l'obiettivo scelto rispetto alla quantità di risorse usate;
 3. *tempestività*: rispetto all'orizzonte temporale all'interno del quale la decisione deve essere presa; orizzonte temporale che dipende a sua volta dal livello decisionale perché ci sono decisioni di livello strategico che idealmente bisogna prendere una sola volta nella vita e poi mai più, di livello tattico che per loro natura devono essere periodicamente "ridecise" e ci sono decisioni di livello operativo che idealmente non si dovrebbero prendere mai quali gestione di emergenze, impre-

visti, di situazioni anomale (ovviamente le decisioni devono essere congruenti con il livello decisionale e quindi con l'orizzonte temporale che ne consegue). È quindi una misura di quanto rapidamente è possibile ottenere la soluzione in risposta alla conoscenza dei dati del problema;

4. *robustezza*: rispetto alle incertezze, che ci sono sempre, nei dati e nel modello perché i dati possono essere incompleti, mancanti, incerti e quindi ci possono essere mille motivi per cui tra modello e realtà ci siano delle differenze. In altre parole la decisione che si prende basandosi sul modello deve andar bene anche nella realtà anche quando essa si discosta dal modello; è una misura di quanto la soluzione resta "buona" anche nel caso in cui i dati del problema siano diversi da quanto ipotizzato;
5. *giustificabilità o razionalità*: rispetto al giudizio altrui ovvero una buona decisione deve essere riconoscibile come una decisione razionale anche da soggetti diversi dal decisore; è una misura di quanto facilmente la decisione presa può essere spiegata e giustificata agli occhi di altri.

Capitolo 2

IFORS

2.1 Premessa

La Federazione Internazionale delle Società di Ricerca Operativa - IFORS - è un'organizzazione per la Ricerca Operativa di oltre 48 paesi, di quattro regioni geografiche: Asia - Pacifico, Europa, Nord America e Sud America. L'organizzazione è stata ufficialmente fondata nel 1959 da tre organizzazioni: ORSA - Stati Uniti, ORS (The Operational Research Society of the United Kingdom) - Regno Unito e SOFRO - Francia, anche se la prima conferenza IFORS si è tenuta a Oxford nel 1957.

Il sito di IFORS [s4] è uno strumento fondamentale per promuovere la Ricerca Operativa a livello internazionale, nonché una risorsa preziosa per qualsiasi professionista o accademico. Esso contiene informazioni su convegni nazionali e internazionali, le attività della società membro, gli aggiornamenti sulle attività svolte, collegamenti a società nazionali e gruppi regionali, la newsletter IFORS e materiale educativo e di formazione.

La missione di IFORS è:

- promuovere la Ricerca Operativa come disciplina accademica e professionale;
- svilupparla come una scienza unificata e diffondere il suo progresso in tutte le nazioni del mondo;
- sponsorizzare incontri internazionali;
- fornire strumenti per lo scambio di informazioni sulla Ricerca Operativa;
- incoraggiare le nazioni a stabilire al loro interno una società di Ricerca Operativa;
- supportare gli standard di competenza in Ricerca Operativa;
- promuovere l'istruzione e la crescita nei campi già esistenti (o nuovi) della Ricerca Operativa.

2.2 Struttura Organizzativa

I gruppi regionali di IFORS sono quattro:

1. ALIO - Latin American Ibero Association on Operations Research - che comprende Argentina, Brasile, Cile, Colombia, Messico, Perù ed Uruguay¹;

¹www.dc.uba.ar/alio/index-en.htm

2. APORS - The Association of Asian-Pacific Operational Research Societies - che comprende Australia, Cina, Hongkong, India, Iran, Giappone, Malesia, Nuova Zelanda, Filippine, Singapore e Sud Corea²;
3. EURO - The Association of European Operational Research Societies - che comprende Austria, Bielorussia, Belgio, Bulgaria, Croazia, Repubblica Ceca, Danimarca, Estonia, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Ungheria, Islanda, Irlanda, Israele, Italia, Lituania, Paesi Bassi, Norvegia, Polonia, Portogallo, Serbia, Svolacchia, Slovenia, Sud Africa, Spagna, Svezia, Svizzera, Turchia, Regno Unito³;
4. NORAM - The Association of North American Operations Research Societies - che comprende Usa e Canada.

In quasi in tutti gli stati membro dei quattro gruppi regionali è presente poi una società di Ricerca Operativa. Nel sito dell'associazione tra i vari contenuti (pubblicazioni, conferenze, statuto, notizie. . .) vale la pena sottolineare la presenza di una **sezione** denominata **risorse on-line**, il cui obiettivo è quello di raccogliere materiale di alta qualità educativa come casi di studio, letture metodologiche, algoritmi, per poi renderli disponibili ai membri di IFORS. Questa sezione al suo interno contiene nove categorie, ognuna delle quali suddivisa in altre sottopagine con materiale disponibile ad un link:

- *informazioni generali su Ricerca Operativa/Management Science* suddivisa in INFORMS Operations Research/Management Science, risorse didattiche di simulazione, il mondo "aula magna";

²www.apors.ms.unimelb.edu.au

³www.euro-online.org



Figura 2.1: Mappa di IFORS

- *applicazioni in Ricerca Operativa* suddivisa in altre 42 pagine tra cui ad esempio cambiamenti in tecnologia-cambiamenti nell'istruzione, azienda forestale cilena: un modello di successo, un paese di contrasti. . . ;
- *casi studio di Ricerca Operativa/Management Science* suddivisa in due ulteriori categorie, descrivere casi (dal provider e per argomento) ed insegnare casi (dal provider e per argomento);
- *esercizi di Ricerca Operativa/Management Science*⁴;
- *syllabus e materiale didattico di supporto di Ricerca Operativa* che contiene informazioni sul metodo del semplice in "forma tabellare e matriciale";

⁴A questa categoria, al momento della mia consultazione, non sono presenti sottopagine con incluso materiale didattico.

- *materiali per meglio supportare l'insegnamento della Ricerca Operativa/Management Science;*
- *software di Ricerca Operativa/Management Science* che include 11 pagine tra le quali quella relativa al sistema avanzato integrato di modellazione multidimensionale, analisi delle decisioni, sondaggio di routing di un veicolo, software per l'ottimizzazione...;
- *tutorial di Ricerca Operativa/Management Science* categoria che è a sua volta suddivisa in 36 pagine tra le quali ricordiamo quelle dedicate all'algoritmo di Dijkstra, metodo dei piani di taglio di Gomory, Branch & Bound (Knapsack), metodo del simplesso duale, algoritmo di Hungarian, programmazione lineare, programmazione non lineare, il problema della sostituzione...;
- *libri di Ricerca Operativa/Management Science.*

All'interno di IFORS c'è un comitato denominato **The Education Resources Committee** - Comitato per le Risorse Educative [s5] il cui obiettivo è quello di indicizzare tutti i materiali disponibili a livello mondiale che potrebbero essere utili per l'insegnamento della Ricerca Operativa/Management Science, nell'ambito di un progetto di cooperazione tra i vari paesi membri di IFORS, affrontando la sfida di fornire l'accesso a materiali didattici Ricerca Operativa/Management Science in tutto il mondo.

Nel comitato trova voce un rappresentante o coordinatore di ognuna delle associazioni o gruppi regionali in cui IFORS è organizzato. Infatti il comitato è composto da cinque membri che sono il presidente e il rappresentante IN-

FORMS, il rappresentante EURO, il rappresentante APORS, il rappresentante ALIO, il vice presidente IFORS oltre al coordinatore del comitato paesi in via di sviluppo ed infine il coordinatore del comitato collegamento paesi in via di sviluppo. Lo sforzo principale di questo comitato è quello di raccogliere esempi e idee di cui hanno bisogno i docenti nei paesi in via di sviluppo, perché spesso questi sono "i praticanti solitari" o piccoli gruppi di persone con scarse risorse che hanno particolarmente bisogno di accedere ai materiali - non solo a ciò che è utilizzabile sul web (come quello indicizzato sulla maggior parte dei siti), ma anche a ciò che potrebbe essere disponibile tramite posta ordinaria gratuitamente o per una piccola tassa. Per esempio, una risorsa di cui hanno preso conoscenza i membri del comitato solo di recente è il dizionario Portoghese-Inglese creato da APDIO - Associação Portuguesa de Investigação Operacional - l'Associazione Portoghese di Ricerca Operativa, che contiene le traduzioni di oltre 1500 termini inerenti la Ricerca Operativa e Management Science; risorsa, secondo i membri, utile e che non poteva non essere presente nel loro catalogo ma che non avrebbero mai trovato senza l'aiuto della società portoghese di Ricerca Operativa.

Questo progetto di cooperazione e di sforzo del comitato non è tuttavia destinato a competere con altri già esistenti quali INFORM-DE negli Stati Uniti, il progetto Tutor in Australia o lo sforzo di persone come Valerie Belton e John Beasley in Europa e Theo Stewart Sud Africa, solo per citarne alcuni. Piuttosto il comitato intende individuare, come spiegato nel sito, i bisogni della comunità mondiale e per riunire il lavoro di individui in tutto il mondo e sviluppare il loro lavoro per fornire un contributo di valore aggiunto.

Qualche anno fa, è stato lanciato il progetto di catalogare materiali di tutto il mondo in modo che tutte le facoltà potessero avere il vantaggio di una prospettiva internazionale.

L'obiettivo che si vuole raggiungere è quello di fornire un catalogo internazionale che superi le barriere del linguaggio, l'applicazione e il paese di origine. Anche se alcuni materiali sono stati già catalogati (informazioni generali, applicazioni, casi studio, carriere, video, tutorials, materiali di insegnamento, giornali sull'educazione in Ricerca Operativa e Management Science), potrebbero esservi una parte di essi, già disponibile nel mondo, di cui il comitato non è a conoscenza. Esso chiede quindi di sapere quali altre risorse (materiale didattico, supplementi educativi, risorse didattiche innovative...) potrebbero essere disponibili in modo che gli autori possano partecipare al progetto di cooperazione che rappresenta la missione principale del comitato.

Capitolo 3

La divulgazione della Ricerca Operativa in America

3.1 Introduzione

In America chi si occupa di promuovere e diffondere la conoscenza della Ricerca Operativa sono due associazioni:

1. ALIO
2. NORAM

La prima ALIO ha come società membro Argentina, Brasile, Cile, Colombia, Messico, Perù ed Uruguay [s6].

La seconda NORAM ha invece come società membro Canada ed USA.

Gli scopi perseguiti da entrambe le associazioni sono:

- promuovere lo scambio di esperienze ed informazioni tra ricercatori, accademici e professionisti nel campo della Ricerca Operativa;

- diffondere le tecniche e le metodologie inerenti questa disciplina.

In ognuno degli stati membri di ALIO e NORAM è presente una società di Ricerca Operativa, ciascuna con una sua precisa organizzazione societaria, scopi ed obiettivi perseguiti ma ai fini di questa tesi prendiamo in considerazione soltanto l'esperienza negli USA.

3.2 L'esperienza negli USA

3.2.1 INFORMS

3.2.1.1 Premessa

Negli Stati Uniti d'America, la società di Ricerca Operativa è **INFORMS** - Istituto per la Ricerca Operativa e Scienza delle Decisioni [s7] - società membro di NORAM e la più grande società professionale nel mondo per i professionisti nel campo della Ricerca Operativa, fondata nel 1995 con la fusione di ORSA e TIMS. Al termine della Seconda Guerra Mondiale la Ricerca Operativa venne progressivamente applicata in ogni ambito civile, industriale ed economico ed il suo sviluppo è andato di pari passo con quello della Computer Science.

Si evidenziarono due settori principali:

- Operations Research negli Stati Uniti ed Operational Research in Gran Bretagna, orientato ai problemi in ambito militare ed ingegneristico;
- Management Science, orientato ai problemi dell'economia e alla gestione aziendale.

I due settori diedero vita a due associazioni professionali negli Stati Uniti, denominate Operations Research Society of America (ORSA) e The Institute of Management Science (TIMS), mentre in Gran Bretagna nacque la Operational Research Society, prima di molte analoghe associazioni sorte successivamente nelle altre nazioni europee. Oggi la distinzione è sfumata, ORSA e TIMS si sono fuse in INFORMS che conta circa tredicimila iscritti, accademici e non. Come si può leggere nello statuto la missione di INFORMS è:

- migliorare i processi operativi, decisionali e la gestione da parte di individui e organizzazioni attraverso le operazioni di ricerca, le scienze di gestione e dei relativi metodi scientifici;
- diffondere lo sviluppo e l'implementazione di conoscenze teoriche, la ricerca di base e applicata, le tecnologie in tutto ciò che riguarda la Ricerca Operativa e dei relativi metodi di miglioramento dei processi operativi, decisionali e di gestione.

Proprio per questo motivo INFORMS ritiene che bisogna:

- sostenere gli sforzi per estendere, unificare e integrare le attività che collegano conoscenze e pratica;
- sostenere il libero scambio, tra tutti i professionisti, di informazioni rilevanti per raggiungere le finalità che l'istituto si pone;
- promuovere un maggiore uso di questa scienza da parte di tutte le organizzazioni e il pubblico in generale;
- favorire la formazione continua degli studenti e dei professionisti nei loro rispettivi settori, scolastici e lavorativi;

- promuovere elevati standard professionali e di integrità in tutto il lavoro svolto sul campo.

Tra gli aspetti principali di INFORMS è che con il suo lavoro risponde alle esigenze scientifiche e professionali in Ricerca Operativa di ricercatori, scienziati, studenti, manager e consulenti, nonché di tutte le organizzazioni in cui essi operano. Si parla spesso di Ricerca Operativa e Management Science senza fare, sbagliando, una distinzione di ciò che sia una e l'altra, perché la Management Science è uno dei tanti aspetti della Ricerca Operativa.

Nel sito questo non accade perché cerca di fare una distinzione dicendo che la *Ricerca Operativa* è la scienza avente come oggetto l'applicazione di metodologie analitiche avanzate per aiutare a prendere decisioni migliori, contribuendo, fin dalla sua nascita quasi 60 anni fa, a miliardi di dollari di benefici e risparmi per le imprese, il governo e il settore non profit.

La *Management Science* è una branca interdisciplinare di matematica applicata, ingegneria e scienze che, basandosi su un approccio scientifico, è alla ricerca di strategie e metodi di analisi, compresi modelli matematici, le statistiche e algoritmi per migliorare la capacità di un'organizzazione al fine di adottare decisioni di gestione razionale e significative, interessandosi, tipicamente, alla massimizzazione del profitto, le prestazioni della linea di assemblaggio, la resa delle colture, larghezza di banda. . .

INFORMS sottolinea come la Ricerca Operativa nella sua globalità (non solo Ricerca Operativa come Management Science) opera su tre livelli: un *livello fondamentale-teorico* che ritroviamo nelle tre discipline matematiche quali probabilità, ottimizzazione e teoria dei sistemi dinamici; un *livello di modella-*

zione che costruisce modelli, raccoglie dati e li analizza matematicamente ed un *livello di applicazione* con forti aspirazioni nell'avere un impatto concreto nel mondo reale.

Il legame intrinseco tra questi tre livelli, è proprio quello che differenzia la Ricerca Operativa da altre discipline scientifiche, da altre branche della matematica.

3.2.1.2 Servizi offerti

Tanti sono i servizi che INFORMS mette a disposizione dei suoi membri, siano essi studenti, accademici e professionisti, alcuni dei quali sono:

- **connessione con le persone:** ad INFORMS, credono che l'essenza dell'esistenza dell'associazione sia quella di creare un meccanismo di libera associazione e collaborazione tra i membri e i membri potenziali. Ad esempio i membri del "INFORMS speakers program" sono esperti in settori chiave di Ricerca Operativa/Management Science, volontari che svolgono seminari nelle Università, negli enti pubblici o aziende, con un programma di lavoro fondamentale per diffondere la "buona parola" della scienza. Il "servizio volontariato" per le attività INFORMS è uno dei modi migliori per costruire un profilo professionale, incontrare potenziali colleghi e questo, secondo un'indagine del 2009 è risultato al secondo posto tra i servizi più graditi tra tutti quelli offerti da INFORMS. Tra le opportunità di "volontariato" c'è quella di assistere INFORMS con l'organizzazione e la produzione di incontri, seminari, riunioni (la maggior parte degli anni, l'istituto tiene due incontri a livello nazionale, una

riunione internazionale ogni tre anni, una riunione regionale e numerosi incontri col sostegno comunitario), partecipare a comitati come quelli relativi alla diffusione ed educazione della Ricerca Operativa/Management Science, fornire contenuti per il sito INFORMS, collaborare con tutto quello che riguarda la diffusione delle attività di INFORMS quali pubblicazioni, riviste, libri, banche dati, CD e DVD.

Si tratta di tante e diverse possibilità che INFORMS mette a disposizione di studenti, con le quali si aiutano l'associazione e contemporaneamente si accrescono gli obiettivi di carriera ed educativi, consentendo agli studenti di andare oltre i limiti del normale corso di studi, impegnandosi in attività di ricerca per gettare le basi per il loro futuro come professionisti di Ricerca Operativa/Management Science. Infatti alcune delle attività che si possono intraprendere sono aiutare a scrivere e modificare la rivista degli studenti "ORMS Tomorrow", partecipare ad un incontro INFORMS, competere e vincere un premio studente in un incontro INFORMS, aiutare nella conoscenza e diffusione della Ricerca Operativa/Management Science e nel reclutamento di studenti a livello universitario etc;

- **partecipare ad una comunità:** INFORMS vuole unire i membri delle comunità e fornire opportunità. Uno dei vantaggi di appartenere ad una comunità è la capacità di rete e quindi la possibilità di collaborare con una comunità di coetanei che si occupano delle stesse aree di interesse per estendere l'ampiezza della Ricerca Operativa/Management Science e la professione di analisi. Le comunità sono enti indipendenti che riuniscono persone che condividono particolari interessi tecnici o località geografiche.

È possibile accedere alle comunità come si vuole: attraverso le conoscenze specialistiche o la newsletter della comunità, forum di discussione e incontri, tramite opportunità di ricerca a volte nascoste, usufruire di sconti sulle tariffe di registrazione per conferenze di particolare interesse e riviste selezionate, competere per i premi speciali . . .

Come specificato nel sito, le chiavi del successo di INFORMS sono l'energia, i talenti, la conoscenza delle persone, studenti e/o professionisti, che nelle varie attività che l'associazione mette loro disposizione, danno forma alla loro politica nazionale, propongono e mettono in pratica nuove iniziative, fissano obiettivi per il futuro.

In particolare all'interno di INFORMS, oltre alle comunità, sono presenti, società e sezioni.

Le *società* sono i "cavalli di battaglia" di INFORMS, significativamente più grandi rispetto alle sezioni, capitoli regionali e capitoli studenti ¹ e si interessano di un tema comune.

Le *sezioni* sono gruppi di interesse tecnico dedicato a far progredire gli interessi professionali dei membri su aspetti specialistici e tecnici della nostra professione, sono piccoli e concentrati "corpi" di INFORMS che offrono la possibilità di incontrare e lavorare con professionisti che sono interessati ad una determinata area della Ricerca Operativa/Management

¹Students Chapter è un luogo per l'apprendimento, un catalizzatore per l'avanzamento professionale dove gli studenti membri di programmi aziendali del settore ingegneristico e scientifico, possono partecipare con la rispettiva facoltà (ad ora 60 facoltà a livello internazionale) per organizzare seminari e gruppi di discussione sui nuovi metodi e applicazioni di Ricerca Operativa/Management Science.

Science;

- **pubblicazioni e riviste:** INFORMS pubblica 12 riviste scientifiche² disponibili in formato cartaceo ed elettronico. I membri effettivi possono selezionare una rivista per riceverla gratuitamente in formato cartaceo e/o in formato on-line, i membri studenti possono scegliere una rivista per riceverla gratuitamente on-line.

Esse sono:

1. **DECISION ANALYSIS:** è una rivista trimestrale dedicata a promuovere la teoria, l'applicazione, e l'insegnamento di tutti gli aspetti dell'analisi della decisione, con l'obiettivo principale di studiare e sviluppare metodi decisionali e operativi, alla base di tutti gli aspetti della teoria delle decisioni e di analisi decisionale, fornendo una guida pratica per i decisori, colmando la teoria e la pratica dell'analisi decisionale, facilitando la comunicazione e lo scambio di conoscenze tra gli analisti nel mondo accademico, affari, industria e governo;
2. **INFORMATION SYSTEMS RESEARCH (ISR):** è una rivista leader a livello internazionale di teoria, ricerca e sviluppo intellettuale, focalizzata sui sistemi informativi nelle organizzazioni, istituzioni, economia e società, dedicata a promuovere la conoscenza nelle appli-

²La tredicesima rivista di INFORS, Service Science, che verrà pubblicata nei primi mesi del 2012, è guidata dal nuovo scenario economico di oggi tra cui le telecomunicazioni avanzate, la globalizzazione di business accelerato, maggiore automazione, innovazioni on-demand ...; è una rivista interamente di riferimento online che pubblica articoli innovativi e originali, documenti di indagine, studi di casi, rapporti di conferenze, report di gestione e recensioni di libri.

cazioni produttive delle tecnologie dell'informazione per le organizzazioni umane e la loro gestione e, più in generale, al miglioramento del benessere economico e sociale;

3. **INFORMS JOURNAL ON COMPUTING**: pubblicata trimestralmente, contiene una vasta gamma di documenti sull'interdisciplinarietà tra Ricerca Operativa e Informatica, articoli di ricerca, recensioni e prospettive di ricerca. Le sue specifiche aree di interesse sono: la probabilità di calcolo e di analisi, la progettazione e l'analisi di algoritmi, la ricerca euristica e di apprendimento, prestazioni di calcolo, la conoscenza e la gestione dei dati, la logica, l'ottimizzazione e la programmazione a vincoli, la modellizzazione (metodi e analisi, simulazione, telecomunicazioni e commercio elettronico);
4. **INTERFACE**: è una rivista bimestrale di INFORMS dedicata a migliorare l'applicazione pratica della Ricerca Operativa e Management Science alle decisioni, nelle organizzazioni politiche di oggi e nelle industrie, imparare a superare le difficoltà e i problemi incontrati nell'applicazione di questa scienza in situazioni di vita reale. Ogni articolo fornisce i dettagli della richiesta debitamente compilato, insieme con i risultati e l'impatto sull'organizzazione essendo così una lettura essenziale per gli analisti, ingegneri, project manager, consulenti, studenti, ricercatori ed educatori;
5. **MANAGEMENT SCIENCE**: con uscita mensilmente, è una rivista scientifica pubblicata per affrontare scientificamente i problemi, gli interessi e le preoccupazioni dei manager, promuovendo la scienza

della gestione di imprese del settore privato e pubblico attraverso la pubblicazione della ricerca teorica, computazionale, ed empirica che si basa su una vasta gamma di sotto discipline di gestione, tra cui contabilità, strategia aziendale, analisi decisionale, finanza, sistemi informativi, marketing, gestione delle operazioni, ricerca operativa, comportamento organizzativo e gestione prodotto/tecnologia;

6. MANUFACTURING & SERVICE OPERATIONS MANAGEMENT (M&SOM): pubblicata trimestralmente, è la rivista più importante della comunità di ricerca in gestione operativa, presentando ricerca di interesse per i ricercatori accademici, dell'industria e professionisti che lavorano a livello di interfaccia di ricerca e di attuazione e pubblicando una vasta gamma di ricerca correlate alla produzione di beni e servizi, tra cui progettazione di processo, controllo e miglioramento, decisione operativa e pianificazione, coordinamento della catena di approvvigionamento, gestione della tecnologia, produttività e la gestione della qualità, sviluppo del prodotto, coordinamento trasversale delle funzioni. . . ;
7. MARKETING SCIENCE: pubblicata bimestralmente, si concentra su articoli che rispondono a domande importanti riguardanti ricerche nel marketing includendo. I ricercatori utilizzano un approccio rigoroso di modellizzazione matematica volto a migliorare le azioni dei decisori di marketing, offrendo una più profonda comprensione dei fenomeni di marketing e nella rivista sono inseriti articoli sui risultati significativi e i progressi metodologici relativi agli argomenti

di marketing, tra cui prezzi, nuovi prodotti, canali, promozioni, gestione forza vendita, il comportamento degli acquirenti, le linee di prodotto, le previsioni, pubblicità, strategia competitiva, servizi di marketing etc;

8. MATHEMATICS OF OPERATIONS RESEARCH: con un'uscita trimestrale, è una rivista di ricerca volta a sottolineare la matematica nel vasto campo della Ricerca Operativa e le aree principali a cui si interessa sono l'ottimizzazione continua, l'ottimizzazione discreta, modelli stocastici, teoria dei giochi e apprendimento automatico;
9. OPERATIONS RESEARCH: è rivista trimestrale che serve tutta la comunità di Ricerca Operativa, tra cui professionisti, ricercatori, educatori e studenti, impegnandosi a pubblicare i risultati che sono davvero illuminanti. Ogni numero offre un equilibrio di articoli ben scritti che abbracciano la vasta gamma di attività creative in Ricerca Operativa con aree di concentrazione quali tecnologie informatiche e di decisione, analisi decisionale, ambiente, energia e risorse naturali, ingegneria finanziaria, settore manifatturiero, servizi e operazioni di supply chain, scienza di marketing, militare e di sicurezza interna, ottimizzazione, modellizzazione delle politiche e del settore pubblico, ricavi di gestione, simulazione, modelli stocastici, telecomunicazioni, networking, trasporti...;
10. ORGANIZATION SCIENCE: è classificata tra le riviste top nella gestione da parte del Social Science Citation Index³ in termini di

³Social Science Citation Index (SSCI) è un citation index, prodotto dalla divisione Healthcare &

impatto ed è ampiamente riconosciuta nel campo della strategia, la gestione e la teoria dell'organizzazione, fornendo un insieme di pubblicazione di ricerche provenienti da tutto il mondo in settori come la teoria dell'organizzazione, la gestione strategica, la sociologia, l'economia, le scienze politiche, la storia, le scienze dell'informazione, la teoria dei sistemi, la teoria della comunicazione, l'intelligenza artificiale e la psicologia. . . ;

11. TRANSPORTATION SCIENCE: pubblicata trimestralmente, è la rivista più importante nel campo dell'analisi dei trasporti dotata di articoli, indagini e sondaggi che coprono tutti i livelli di pianificazione e di tutti i modi di trasporto. Gli argomenti trattati comprendono l'analisi economica, strategica, tattica ed operativa dei sistemi di trasporto, la pianificazione dei trasporti, la progettazione di sistemi. . . ;

12. INFORMS TRANSACTIONS ON EDUCATION: è una rivista rigorosamente di riferimento elettronico per la gestione della scienza e dell'educazione della Ricerca Operativa, con la missione di portare avanti l'educazione in Ricerca Operativa/Management Science a

Science della Thomson Reuters e accessibile tramite il portale ISI Web of Knowledge, che fornisce un accesso rapido alle informazioni bibliografiche tratte da importanti riviste scientifiche nell'ambito delle scienze sociali e umanistiche, è un database multidisciplinare che contiene informazioni bibliografiche tratte da circa 2500 riviste, libri, atti di convegno o da rapporti tecnici, permettendo di ricavare rapidamente il numero di citazioni ottenute nel tempo da un articolo, o da un autore, nel campo delle scienze sociali e umanistiche; aggiornato settimanalmente dall'Institute for Scientific Information (ISI), la struttura fondata da Eugene Garfield nel 1960, acquistato nel 1992 dalla Thomson Scientific & Healthcare e quindi di proprietà della Thomson Reuters.

tutti i livelli in tutto il mondo, pubblicando articoli di alta qualità in una varietà di settori connessi all'insegnamento quali casi studi, fogli di calcolo, articoli d'opinione, recensioni delle risorse, discussioni degli impatti delle nuove tecnologie e nuovi metodi di valutazione nell'istruzione della Ricerca Operativa/Management Science.

INFORMS mette a disposizione tutte le informazioni per chi vuole presentare un lavoro alla direzione di Management Science riguardante la *preparazione del manoscritto*, le *istruzioni per la presentazione del manoscritto*, il *processo di revisione*, la *decisione*, il *post-accettazione*.

- **applicare la Ricerca Operativa:** utilizzando tecniche come la modellazione matematica per analizzare situazioni complesse, la Ricerca Operativa dà ai dirigenti il potere di prendere decisioni più efficaci e costruire sistemi più produttivi sulla base di dati più completi, di tutte le opzioni disponibili, le previsioni attente dei risultati e delle stime di rischio. Tutto ciò utilizzando strumenti di decisione e tecniche quali simulazione, che dà la possibilità di sperimentare approcci e idee di prova per il miglioramento; ottimizzazione, che consente di restringere le scelte per il meglio quando ci sono più opzioni "fattibili" (praticamente innumerevoli); probabilità e statistica che aiuta a misurare il rischio, estrarre i dati per trovare le connessioni di valore e intuizioni. . .

INFORMS risponde a questa esigenza con:

- *strumenti ed applicazioni:* una guida completa dell'omonima rivista di INFORMS "Operations Research/Management Science Tomorrow

row” riguardante software, fornitori, consulenti e gli editori che servono le operazioni di Ricerca Operativa/Management Science nella comunità. Nella sezione ”The OR/MS Today Resource Directory: Index of Companies” è presente un elenco, in ordine alfabetico, con il profilo di aziende e compagnie, contenente informazioni di contatto, e-mail e web link, un elenco delle categorie di prodotti e servizi, mentre nella sezione ”The OR/MS Today Resource Directory: Product and Services Categories” è presente un indice delle categorie di fornitori, suddivisi in quattro categorie principali, ognuna delle quali con un’ulteriore suddivisione: Business principale (sviluppo software e vendite, consulenza, editoria), tipi di software o servizi (sistemi di modellazione algebrica, analisi delle decisioni/supporto alle decisioni, basi di dati/gestione dei dati, e-business, previsione, gestione delle conoscenze, logistica, gestione delle operazioni, ottimizzazioni, accodamento, simulazione, analisi statistica. . .), specifiche metodologie ed applicazioni o aree di competenza (reti neurali/algoritmi genetici, vincolo di programmazione, sistemi informativi territoriali, gestione delle scorte, programmazione lineare/intera, programmazione di rete, programmazione non lineare, programmazione orientata agli oggetti, pianificazione della produzione, gestione degli acquisti, sistemi di analisi. . .), campi o settori di servizi (business, e-commerce, sanità, produzione, marketing, telecomunicazioni, trasporti. . .);

– *recensioni di software*: queste recensioni ed indagini appaiono perio-

dicamente sulla rivista "ORMS Today" e sono destinate a consentire un rapido confronto di funzioni di ogni software e non a valutare l'utilità dei pacchetti software.

Le categorie di software sono: programmazione lineare, statistiche, analisi delle decisioni, previsione, simulazione, programmazione non lineare, fogli elettronici, routing di veicolo, gestione delle offerte.

In [s7] consideriamo ad esempio il sondaggio relativo al software di analisi delle decisioni che è diviso in 12 tavole/pagine quali prima pagina (fornitori, sistemi operativi quali Windows, Mac OS, Unix, altri sistemi operativi), seconda pagina (applicazioni: opzione migliore utilizzando molteplici obiettivi, rappresentanza/analisi di incertezza, rappresentanza/analisi probabilistiche delle dipendenze, avversione al rischio, processo decisionale sequenziale, processo decisionale del portafoglio), terza, quarta e quinta pagina (caratteristiche del software, interfaccia con altri software, importazione - database, foglio di calcolo, esportazione - presentazioni multimediali, modello in MS Excel, XML, API. . .), sesta pagina (algoritmi di decisione implementati), settima pagina (informazione sui prezzi), ottava e nona pagina (disponibilità di tecniche grafiche), decima pagina (tipi di display grafici di analisi e di uscita), undicesima pagina (specifici settori o segmenti di mercato in cui il software è più popolare), dodicesima pagina (applicazioni specifiche per le quali il software è più diffuso e commenti) ed infine una lista di venditori del software e relativi contatti;

- *professionisti di Ricerca Operativa*: INFORMS ha un database che raccoglie i nomi, con relativi contatti, dei professionisti in Ricerca Operativa oltre ad includere società di consulenza ed imprese che offrono soluzioni, in qualunque modo, in Ricerca Operativa. È possibile effettuare una ricerca per campo di applicazione, settore lavorativo e come metodologie di Ricerca Operativa utilizzate⁴;
- *risorse per professionisti in Ricerca Operativa*: la pagina contiene link alle aziende che utilizzano le operazioni di ricerca come chiave per un vantaggio competitivo o che forniscono software per operazioni di ricerca, programmi informatici, con particolare enfasi su quelli disponibili online, conferenze e workshop, corsi di ricerca operativa (completamente online o con una significativa componente on line), programmi educativi in Ricerca Operativa negli Stati Uniti e nel mondo, domande frequenti e risposte sulla Ricerca Operativa, riviste e case editrici in Ricerca Operativa, newsgroup e mailing list, gruppi di ricerca formati da accademici e professionisti etc;
- *finanziamento della ricerca*: questa pagina fornisce una breve panoramica delle varie opportunità di ricerca in Ricerca Operativa/Management Science finanziati con contatti alle agenzie federali e ad altre che gestiscono pagine web o database elettronici per tali informazioni. Esse sono: National Science Foundation (NSF), Office of Naval Research (ONR), Air Force Office of Scientific Research (AFOSR), Army Research Office (ARO), National Aeronautics and Space Administra-

⁴Il link presente rimanda ad una pagina del sito "Operations Research: The Science of Better"

tion (NASA), Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA), National Institute of Standards and Technology (NIST), National Security Agency (NSA), Department of Energy (DOE), Natural Sciences & Engineering Research Council of Canada (NSERC);

- *premi e riconoscimenti*: INFORMS ha una lunga storia nell'elargire premi e riconoscimenti per i risultati eccezionali da parte di membri accademici, membri della pratica e gli studenti oltre a due borse di studio.

3.2.1.3 INFORMS per gli studenti

Nel sito di INFORMS oltre ad una prima parte relativa a scoprire notizie relative all'associazione e tutti i servizi che vengono messi a disposizione a chiunque voglia saperne di più di Ricerca Operativa è presente un'ulteriore sezione denominata "INFORMS for..." suddivisa in:

- **Accademici**
- **Studenti**
- **Professionisti**
- **Ricerca Operativa nel mondo**

Andando ad esplorare il contenuto di ognuna di queste quattro sezioni ci ritroviamo in servizi e contenuti già spiegati e descritti precedentemente nella parte denominata "servizi offerti". Ai fini di questa tesi, prenderemo in considerazione soltanto la parte relativa agli studenti, tenendo presente che tutte

le informazioni relative ad accademici, professionisti ed alla Ricerca Operativa nel mondo, sono disponibili nel sito di INFORMS. Per quanto riguarda la sezione **INFORMS per STUDENTI**, al suo interno troviamo:

- **riviste ed altre pubblicazioni:** INFORMS oltre alla pubblicazione delle 12 riviste scientifiche, pubblica due serie "TutORials in Operations Research" e "Topics in Operations Research", adatte ad essere divulgate nelle scuole.

La prima "*TutORials in Operations Research*" è una raccolta di tutorial progettata per studenti, docenti e professionisti che fornisce istruzioni sulle specialità pratiche significative in Ricerca Operativa ed è pubblicata annualmente. Le esercitazioni di questa serie sono state inizialmente presentate al convegno annuale INFORMS e l'edizione 2011 è stata curata da Giuseppe Guenes, docente presso l'Università della Florida.

La seconda "*Topics in Operations Research*" è una serie di monografie in Ricerca Operativa per i professionisti, che ha avuto la sua origine nella sezione applicazioni militari di ORSA nel 1980;

- **INFORMS Student Union:** in questa pagina di INFORMS troviamo Career Center che offre informazioni per aiutare a saperne di più riguardo le operazioni di ricerca e per aiutare a trovare la scuola giusta, lavoro, o percorso di carriera in questo campo più adatto alle proprie competenze, contendo link ad offerte di lavoro, servizi di collocamento, profili aziendali, i profili di un'istituzione accademica, servizi di pianificazione della carriera, e suggerimenti su come trovare il lavoro giusto; Financial Aid che fornisce le risorse per aiutare a trovare aiuti economici, compresi lau-

rea e borse di studio post-dottorato, sponsor della ricerca e per aiutare ad affinare la proposta-abilità di scrittura; OR/MS Educational Programs che comprende programmi educativi di Ricerca Operativa/Management Science in tutto il mondo con un elenco che può essere ordinato per nome dell'istituto, per posizione geografica (all'interno o all'esterno degli Stati Uniti) e per tipo di programma;

- **ORMS Today e ORMS Tomorrow:** sono le due riviste dei membri appartenenti ad INFORMS con pubblicazione, rispettivamente, bimestrale e semestrale.

La prima "*ORMS Today*" fornisce una visione completa su Operations Research e Management Science attraverso notizie, articoli, casi studio, recensioni di software e le indagini da parte dei leader riconosciuti del settore, trovando in ogni numero storie di successo di aziende, tra cui la Franklin Mint, Harris Corporation e Kodak, sondaggi software come le indagini di simulazione, programmazione lineare e programmazione, annunci di offerte di lavoro come ingegnere di modellazione e simulazione e analista dei dati, prenotare recensioni, indagini sulle retribuzioni e prospettive occupazionali.

La seconda "*ORMS Tomorrow*" fornisce uno sguardo sulla Ricerca Operativa/Management Science dal punto di vista dei giovani che operano in queste due discipline ed è una rivista scritta proprio per gli studenti che si propone di introdurre gli argomenti di loro interesse, evidenziare le loro realizzazioni e promuovere la conoscenza degli eventi attuali e le questioni di OR/MS, trovando in ogni numero inserzioni di lavoro, interviste a

varie persone che operano nel campo, annunci di premi per studenti, link ad altri siti di interesse etc;

- **profili di professionisti:** gli articoli che sono inclusi in questa pagina forniscono informazioni sulla vasta gamma di carriere sviluppate nell'ambito della Ricerca Operativa, descritte in prima persona dagli stessi professionisti tra cui *Mark Reynolds*, direttore di Optimization Business presso Level 3 Communications secondo il quale "Level 3 ha molte sfide per realizzare i suoi obiettivi e la Ricerca Operativa sarà un elemento centrale per farlo"; *Brenda Dietrich*, senior research manager di Optimization Center presso IBM che afferma "le aziende apprezzano il valore che l'ottimizzazione apporta al business e stanno investendo in applicazioni della Ricerca Operativa"; *Majors Jeffrey Huisingh e Randy Zimmerman*, co-directors presso Federal Travel Reinvention Laboratory secondo i quali "sentiamo come la capacità di comprendere e modellare un processo è l'abilità più importante che un professionista di OR/MS possa avere", etc. Oltre a questi profili di professionisti che hanno costruito la loro carriera in settori diversi ma con punto comune la Ricerca Operativa, INFORMS mette a disposizione anche una lista di esperti che sono disposti a commentare e fornire pareri su questioni importanti dei nostri giorni dove la loro esperienza può far chiarezza, il tutto facilitato da una suddivisione per campo e specialità (ciascuna con l'esperto di riferimento) quali *Airline Industry* - programmazione, congestione degli aeroporti; *sicurezza aerea* - rischio di mortalità, omicidio, vittime di guerra, malattia, abuso di statistiche; *delitto e castigo* - giustizia penale con specializzazione in

reati giovanili; *e-commerce ed internet* - marketing e siti di musica online su internet; *finanza* - analisi dei rischi, crisi di Wall Street; *produzione* - progettazione di sistemi di comunicazione, pianificazione dei trasporti, logistica, pianificazione della produzione e programmazione, progettazione della rete; *marketing* - scienza del marketing, uso di tecniche quantitative di marketing; *militare* - gioco di guerra e di modellazione, teorie di logoramento, operazioni-altro-che-guerra (le interazioni con le agenzie di soccorso militare e ONG), logistica militare con esperienza in guerra del Golfo e della penisola coreana; *ottimizzazione* - ottimizzazione e programmazione lineare nel settore industriale; *Package Delivery* - gestione della supply chain, il ruolo della tecnologia nel migliorare la consegna dei pacchetti; *sanità pubblica e Bio-Terror* - epidemia di vaiolo e antrace, politica di prevenzione HIV e AIDS; *catene di alimentazione* - supply chain management, inclusi dinamica dei prezzi in una catena di fornitura, coordinamento della produzione, distribuzione, decisioni di trasporto, valore della condivisione delle informazioni nella supply chain; *traffico* - sistemi di traffico intelligente; *trasporti e logistica* - distribuzione ferroviario e dell'aria;

- usare **Farmville per insegnare Ricerca Operativa** [s8]: una sezione di INFORMS è denominata "Operations Research in the news" in cui vengono raccolte le ultime notizie inerenti la Ricerca Operativa e/o Management Science in tutti i suoi campi di applicazione. Tra le varie news viene messa in evidenza quella che lega Farmville e Ricerca Operativa perché tutti nel mondo che sono iscritti a Facebook hanno almeno una

volta "giocato" a Farmville.

Ma qual'è l'elemento di congiunzione tra il gioco e la Ricerca Operativa? Perché è possibile insegnare Ricerca Operativa anche attraverso questa applicazione?

A queste e ad altre domande ha dato una risposta il Dr. Ivan G. Guardiola, in un documento di ricerca sul progetto ⁵ intitolato "Using Social Networking Game to Teach Operations Research and Management Science Fundamental Concepts" ovvero "usando giochi sui social Network per insegnare i concetti fondamentali di Ricerca Operativa/Management Science che è stato vincitore. I co-autori con Guardiola sono il Dott. Susan Murray, professore di ingegneria gestionale e sistemi dell'ingegneria, e la dottoressa Elizabeth Cudney, professore assistente presso il dipartimento di Ingegneria Gestionale ed Ingegneria dei Sistemi della Missouri University of Science and Technology di Rolla (Stati Uniti). Tutti abbiamo sentito parlare di Zynga, società specializzata nello sviluppo di videogiochi (con sede in San Francisco, California, Stati Uniti) per browser internet e videogiochi "casual" su piattaforme di social networking come Facebook e MySpace. I suoi giochi riescono ad insegnare lezioni di dipendenza, di strategia, di design, alimentare la fantasia. Ma di ingegneria? Quello che il Dr. Guardiola pensa è che gli studenti di ingegneria crescono più intelligenti grazie a Farmville o meglio che Farmville può insegnare, ed è capace di farlo, varie competenze di ingegneria. In un

⁵Il progetto ha vinto nell'ottobre 2011 del premio Best Young Faculty Paper Award della divisione di Ingegneria Industriale dell'American Society for Engineering Education, premio che è stato consegnato in occasione della conferenza annuale della società

comunicato il Dr. Guardiola ha spiegato come 28 studenti di ingegneria dell'Università di Scienze e Tecnologie, iscritti al corso "Introduzione alla Ricerca Operativa" devono giocare per una settimana a Farmville, al fine di imparare come contribuire a migliorare i processi decisionali, sia dell'ingegneria che del mondo commerciale e raccogliere nuovi approcci ai problemi difficili. Guardiola, afferma che la sfida ha portato reali benefici perché "le caratteristiche uniche di questo gioco lo rendono ideale per presentare agli studenti come un problema si evolve, si propone di definire allo studente il concetto di decisore razionale e permette di affrontare gli obiettivi contrastanti e concorrenti in un contesto di continuo cambiamento". In questa porzione di una settimana del corso, ridotta rispetto agli anni passati la cui durata era di un mese ed intitolata "sfida Farmville", gli studenti universitari competono per vedere chi uscire dal gioco con il maggior numero di monete e punti esperienza; essi fanno progetti, in via preliminare sulla base di modelli matematici tenendo conto che i piani possono cambiare rapidamente, quindi prosegue Guardiola "spetta al giocatore determinare la quantità di terra da arare, quanti semi piantare e quando è opportuno raccogliere le piante; inoltre le decisioni sono completamente in mano al giocatore al contrario di quello che accade in ingegneria dove utilizzano i dati per prendere decisioni, ma questo approccio ha dei limiti perché le situazioni cambiano continuamente e quindi occorre valutare la situazione in modo continuo e regolarsi di conseguenza."

L'idea di apprendimento attraverso il gioco ha avuto inizio nella seconda

guerra mondiale ed ora è un metodo scientifico di studio. Secondo Guardiola la maggior parte degli studenti, accettando la "sfida Farmville", vengono aiutati a migliorare la loro pianificazione, le competenze logistiche e metodi di distribuzione che incontrano nel loro lavoro e gli studenti stessi hanno concordato che il gioco ha incrementato il loro pensiero, le capacità di apprendimento e il senso critico.

3.2.1.4 INFORMS: The Science Of Better

Una campagna divulgativa e promozionale della Ricerca Operativa a cura del INFORMS Marketing the Profession Committee è quella denominata The Science of Better, la scienza dell'ottimo, progettata per alti dirigenti della comunità imprenditoriale della Ricerca Operativa spiegando che cos'è, come mai è così potente e come potrebbe aiutare le vari organizzazioni e attività lavorative a fare meglio e prendere decisioni con meno rischi.

Molto spesso nei libri, negli articoli, nei documenti di Ricerca Operativa, essa viene definita come "la scienza del meglio" ("the science of better") come uno slogan a sottolineare il fatto che vengono utilizzare tecniche scientifiche per migliorare le cose. Ma cosa si intende per "meglio"?

La campagna "the science of better" è progettata per dare una migliore comprensione del perché la Ricerca Operativa aiuta a fare "meglio".

Il sito [s1] è un importante punto di riferimento per quasi tutte le società di Ricerca Operativa presenti nel mondo ed è suddiviso per sezioni, tra cui due quali "che cos'è la Ricerca Operativa?" e "cosa può fare per noi?".

La Ricerca Operativa viene definita come la disciplina che, attraverso l'ap-

plicazione di metodi analitici avanzati, consente e contribuisce a prendere le decisioni migliori. Infatti utilizzando tecniche come la modellazione matematica per analizzare situazioni complesse, essa dà ai dirigenti il potere di prendere decisioni più efficaci e costruire sistemi più produttivi sulla base di dati più completi, l'esame di tutte le opzioni disponibili, accurate previsioni di risultati e stime di rischio, gli ultimi strumenti decisionali e tecniche. Nel sito vengono sottolineate alcune caratteristiche della Ricerca Operativa a conferma del fatto che sia "la scienza del meglio". Nonostante ci siano decine di articoli e annunci su varie soluzioni che dichiarano di potenziare le capacità decisionali: la Ricerca Operativa è unica, con metodi altamente sviluppati e messi in pratica da professionisti appositamente allenati; è potente perché utilizzando strumenti e tecnologie avanzate consente di fornire una potenza analitica che nessun software ordinario o fogli di calcolo sia in grado di fornire; è su misura per noi perché un professionista di Ricerca Operativa offre la possibilità di definire il problema specifico in modi che consentano di ottenere il meglio dai dati a disposizione e scoprire le opzioni più vantaggiose. Per rispondere alla domanda "che cosa può fare per noi?" e quindi per mettere in evidenza i notevoli vantaggi che la Ricerca Operativa ha generato e continua a generare per le varie organizzazioni, nel sito sono presenti ulteriori quattro categorie, i cui documenti contenuti danno una esaustiva risposta a tale domanda. Queste sono:

- **il valore della Ricerca Operativa:** poiché offre da sempre un significativo valore - strategico, tattico, manageriale, produttivo,... - alle organizzazioni di qualsiasi tipo e ai dirigenti che ne fanno uso, vengono

elencati una serie di vantaggi e benefici che la Ricerca Operativa consente di raggiungere quali riduzione dei costi, massimizzazione dei profitti, migliorare la qualità, pianificazione tattica e strategica, . . . ;

- **storie di successo:** in questa parte sono stati messi insieme una raccolta di decine di brevi casi di Ricerca Operativa, con la possibilità anche di effettuare una ricerca per settore/industria (agricoltura, auto e veicoli, aviazione, governo, finanza, servizi di gestione, militare, . . .), funzione/area funzionale (pianificazione, gestione del portafoglio, pianificazione della produzione, routing e scheduling, logistica dei trasporti, ricerche di mercato, . . .) o benefico/vantaggio (ottimizzazione dell'uso delle risorse, aumento delle entrate, ridurre i costi, aumentare l'efficienza, migliorare il servizio clienti, salvare vite umane, . . .). Per ognuna di queste storie di successo nel sito troviamo la descrizione del problema, la soluzione del problema con la Ricerca Operativa, il valore apportato, il tutto accompagnato anche da un video descrittivo della situazione;
- **testimonianze:** dirigenti di primo piano presso le organizzazioni in tutto il mondo hanno usato le tecniche della Ricerca Operativa per prendere decisioni migliori e in questa categoria del sito sono state inserite le testimonianze di professionisti che sono rimasti soddisfatti dall'utilizzo della Ricerca Operativa. Per esempio Robert C. Wright, vice presidente e amministratore della National Broadcasting Company (NBC), secondo il quale le tecniche di Ricerca Operativa/Management Science hanno dato un significativo vantaggio competitivo durante il "Mercato Up Front" perché questi nuovi sistemi hanno un impatto di oltre \$ 50 milioni di ricavi

annuali e hanno notevolmente incrementato la produttività del personale NBC di vendita; inoltre grazie alla ricerca aziendale della General Electric Chairman e del centro di sviluppo, la loro organizzazione di rete di vendita ha visto in prima persona come le metodologie della Ricerca Operativa sono state in grado di rivoluzionare il modo in cui essi lavoravano, e per questo hanno deciso di continuare ad implementare queste tecnologie per crescere ed implementare il loro business; Nick Donofrio, senior vice presidente di IBM, ritiene che i professionisti in Ricerca Operativa sono la chiave per sfruttare l'opportunità creata da e-business e deep computing, convinto inoltre che le organizzazioni che fanno il miglior uso della tecnologia decisionale come la Ricerca Operativa sono quelle che avranno maggior successo d'ora in avanti;

- **5 segnali che suggeriscono di aver bisogno della Ricerca Operativa:** è rivolta a tutti coloro che leggendo questa pagina si ritrovano in una delle cinque situazioni descritte. In tal caso viene suggerito loro di rivolgersi ad un professionista di Ricerca Operativa in grado di offrire aiuto di cui la propria organizzazione o azienda può aver bisogno in quel momento. Nello specifico i cinque segnali che vengono messi in evidenza sono:

1. affrontare situazioni complesse;
2. affrontare problemi con i processi;
3. ridurre il rischio o valutare il rischio di un nuovo progetto o di nuovo contratto;

4. gestire in maniera ottimale i dati ed estrarre da essi le informazioni più preziose;
5. ottenere un vantaggio competitivo.

Rivolgendosi ad un esperto di ha il vantaggio di poter rimanere all'avanguardia con i metodi più recenti, pianificare in modo migliore per bilanciare il rischio rispetto ai guadagni che ci si aspetta, Per questo motivo, per aiutare a trovare un esperto qualificato in Ricerca Operativa il sito include due ulteriori pagine, una dove poter trovare un professionista di questa scienza ed un'altra dove invece trovare società che offrano software di Ricerca Operativa e servizi di consulenza, pagina che si trova sul sito web di INFORMS [s7].

3.2.2 HSOR

3.2.2.1 Premessa

La Scuola Superiore di Ricerca Operativa, **HSOR** [s9], è un progetto sponsorizzato da IME - WSU - Industrial & Manufacturing Engineering Department of Wayne State University, INFORMS, e la NSA (National Security Agency), gestito da Kenneth R. Chelst e Tom G. Edwards.

Trovare applicazioni di alta qualità riguardante il mondo reale è un continuo bisogno di insegnanti di matematica di tutte le scuole e il sito web dell'HSOR fornisce agli insegnanti applicazioni nel campo della Ricerca Operativa, in vari settori.

In particolare dal 1996 sono stati sviluppati tredici materiali didattici per l'utilizzo durante l'insegnamento. Queste applicazioni coprono l'intero spettro

delle organizzazioni: dalla Bethlehem Steel a Ponderosa Plywood del Messico, dalla Hertz all'HP, dal routing per i pasti a domicilio al routing riguardante lo scuolabus

Tutte le attività previste sono in linea con i principi e gli standard NCTM - National Council of Teachers of Mathematics, ovvero il Consiglio Nazionale degli Insegnanti di Matematica che è la più grande organizzazione al mondo che si occupa di Didattica della Matematica, a sostegno degli insegnanti per garantire un equo apprendimento della matematica di alta qualità per tutti gli studenti attraverso la visione, leadership, sviluppo professionale e ricerca.

3.2.2.2 Che cos'è la Ricerca Operativa?

Quello contenuto in questa parte del sito non è una semplice risposta alla domanda, una definizione, uguale o diversa a quella riportata in altri siti che sono dedicati alla Ricerca Operativa, ma qualcosa di più ovvero una panoramica, non troppo complessa, di cosa sia, di come si è sviluppata e di quali sono tutti i suoi settori che essa "abbraccia". L'HSOR definisce la Ricerca Operativa come un approccio scientifico per analizzare i problemi e prendere decisioni, aiutando i professionisti del campo allo scopo di fornire le basi razionali per il processo decisionale, cercando di capire e strutturare situazioni complesse, utilizzare questa comprensione per prevedere il comportamento del sistema e migliorarne le prestazioni. Il lavoro è in gran parte svolto utilizzando tecniche analitiche e numeriche per sviluppare e manipolare modelli matematici e informatici dei sistemi organizzativi composti da persone, macchine, e relative procedure. Oltre ad una breve storia, il sito spiega, con un linguaggio non

troppo complesso, quali sono le caratteristiche di questa disciplina e i settori in cui essa interviene. Nel dettaglio vengono descritti il ruolo dei modelli matematici e come si costruiscono, i tipi di modello ed i campi più importanti a cui essa la Ricerca Operativa si rivolge, ovvero Linear Programming, Queuing Theory, Psychology of Queuing, Queuing Systems & Formula, Network Routing, Inventory and Yield Management, Simulation, Multi-Attribute Utility Theory - MAUT, Integer Programming, Decision Analysis-Decision Trees.

3.2.2.3 Servizi offerti

I servizi che HSOR mette a disposizione degli insegnanti e consultabili sul sito, sono:

- **sussidio didattico:** la maggior parte del materiale guida per gli insegnanti si trova nel libro *Does This Line Ever Move? Everyday Applications of Operations Research* [6], scritto da Kenneth R. Chelst e Thomas G. Edwards. La Ricerca Operativa applica un approccio scientifico all'analisi dei problemi aziendali e di produzione ed attraverso cui è possibile insegnare la matematica. Ecco perché gli autori hanno scelto problemi reali nel campo della Ricerca Operativa per creare 10 attività di facile utilizzo al fine di esplorare argomenti standard avanzati standard di algebra, così come argomenti opzionali, tra cui l'ottimizzazione e la teoria delle reti. Gli studenti che risolvono i problemi inseriti nel libro "vedono" realmente l'utilità della Matematica, migliorano a livello di comprensione concettuale ed acquisiscono conoscenza nelle carriere collegate alla Ricerca Operativa.

In particolare gli studenti imparano a usare la matematica per modellare e risolvere i problemi del mondo reale, per esempio la teoria delle code applicata alle lunghe code per i biglietti dei concerti, multi-criteri decisionali per la scelta del college ed ottimizzazione per la massimizzazione del profitto e la minimizzazione dei rifiuti al momento dell'ordine di rifornimenti per uno stand concessionario.

Gli insegnanti, in aggiunta ai corsi di algebra avanzata, calcolo o matematica generale possono utilizzare le attività di questo libro per motivare e/o integrare gli argomenti.

Le caratteristiche di questo libro sono un insieme di contenuti matematici oggettivi sviluppato a vari livelli di difficoltà in modo da poter scegliere le attività che meglio integrano il proprio curriculum e/o corso di insegnamento, sintesi di casi studio di storie reali di imprese ed industrie. Inoltre nei siti-web degli autori si possono trovare ulteriori casi studio ed informazioni di base e per gli insegnanti ulteriori attività, progetti, note per gli insegnanti, soluzioni degli esercizi proposti, slide e fogli di lavoro. Tutto il materiale in questo libro è stato sviluppato con il supporto di INFORMS e reso possibile da una serie di sovvenzioni da parte della NSA.

Nel dettaglio i capitoli contenuti nel libro e gli argomenti per ciascuno di essi sono: *Introduction* (What Is Operations Research? Acknowledgments, How to Use These Activities), *Routing Through Networks* (Service Woes at Speedy Delivery, Short Circuit Travel Agency), *Linear Programming* (High Step Sports Shoe, Trim Loss at the "Cutting Times", Work-

force Planning at Pizza π , Fuel Blending at Jurassic Oil), *Queuing Theory* (Does This Line Ever Move?), *Simulations* (Hot Dog Sales at Frankfurter High, Torn Shirts, Inc.), *Decision Making Using Multiple Criteria* (Choosing a College);

- **moduli:** la serie di moduli didattici riservati agli insegnanti sono 13, ciascuno dei quali costituito da fogli di lavoro su una o due attività per gli studenti (4-6 pagine) in cui essi scoprono concetti matematici mentre risolvono un problema ridimensionato riguardante il contesto che li riguardano. Inoltre ogni modulo contiene 20-30 pagine di materiale riservato agli insegnanti che includono una panoramica della situazione reale da cui sono tratte le attività per gli studenti, gli obiettivi del modulo, le ulteriori attività da avviare con lo scopo di motivare lo studio di quel modulo, le note per gli insegnanti, i compiti a casa, idee di progetto, una "chiave" di soluzione, Black Line Masters dove appropriato e lo studio di casi aziendali in cui si è applicata la Ricerca Operativa.

I 13 moduli sono:

1. **Decision Tree** (Decision Analysis): analisi probabilistica del valore delle assicurazioni automobilistiche nel caso di incidenti con la costruzione dell'albero di decisione ed il calcolo dei valori attesi;
2. **Arm and a Leg** (Manipulating Functions): formule per stimare il tempo medio di attesa nelle code;
3. **Gamz Inc.** (Marketing Science): analizzare le informazioni tratte da un database di clienti da valutare per prendere delle decisioni in

- merito, ad esempio, ad una promozione di vendita;
4. **Torn Shirts Inc.** (Probability & Simulation): analizzare i risultati di una simulazione riguardante la gestione di un sistema di ordinazione telefonica;
 5. **Frankfurter High** (Probability & Simulation): utilizzare la simulazione probabilistica per determinare la politica ottimale riguardante gli ordini;
 6. **Speedy Delivery** (Routing Through Networks): acquisire familiarità con gli elementi di base della rete e trovare il percorso più breve di un furgone per la consegna di prodotti;
 7. **Outel Semiconductor** (Routing Through Networks): applicare una varietà di algoritmi per risolvere il problema del commesso viaggiatore (TSP);
 8. **Miguel Chooses a College** (Structured Decision Making): usare il processo decisionale multi-criterio per selezionare un collegio a cui iscriversi e quindi identificare gli obiettivi, raccogliere i dati, etc;
 9. **Latisha Develops an Investment Plan** (Systems of Inequalities): usare il modello di programmazione intera 0-1 per determinare un piano ottimo di investimento;
 10. **Jurassic Oil** (Systems of Inequalities): determinare il mix ottimo di benzina per ridurre al minimo il costo di miscelazione;
 11. **Cutting Times** (Systems of Inequalities): determinare il modello ottimale per tagliare rotoli di carta, riducendo al minimo le perdite;

12. **High Step Shoes** (Systems of Inequalities): determinare il mix di prodotti per massimizzare i profitti;
13. **Pizza Pi** (Systems of Inequalities): determinare il miglior piano di lavoro per ridurre al minimo costo del lavoro.

Di questi 13 moduli, Decision Tree, Gamz Inc. e Latisha Develops an Investment Plan hanno la versione completa on-line, scaricabile, mentre dei restanti la versione completa è disponibile in libro, da ordinare. Di tre moduli quali Arm and a Leg, Outel Semiconductor, Miguel Chooses a College è disponibile on-line un video, che è possibile pure scaricare, in cui un docente spiega agli alunni il modulo, l'obiettivo principale, il contesto e gli obiettivi didattici. Scegliamo il primo modulo denominato Decision Tree, riguardante Decision Analysis ed andiamo ad analizzare il materiale fornito per esso. Gli obiettivi principali di questo modulo sono la costruzione di un albero di decisione probabilistico e il calcolo dei valori attesi. Il contesto è l'analisi probabilistica del valore delle assicurazioni automobilistiche nel caso di incidenti, gli obiettivi dell'insegnamento del modulo sono costruire un albero di decisione per facilitare l'analisi probabilistica, calcolare le probabilità composte, calcolare i valori attesi di una variabile casuale, utilizzare il valore atteso di una variabile aleatoria per prendere una decisione riguardante il mondo reale, studiare ed esplorare la limitazione del valore atteso come un criterio di decisione. Infine come casi studio vengono riportati quelli della Santa Clara University (test antidroga per studenti-atleti), NFL - National Football League (Fourth-and-Goal), Forests (utilizzare l'incendio nella gestione forestale

per eliminare residui di foresta che altrimenti potrebbero trasformare un incendio in una grande conflagrazione) ed USPS - United States Postal Service ⁶.

In merito al materiale didattico di questo modulo troviamo:

- ATTIVITA' DELLO STUDENTE: in questa parte dedicata allo studente viene "inquadrato" l'oggetto del problema ovvero stipulare un'assicurazione sugli incidenti e descritto il problema nel dettaglio con le varie alternative ovvero *Jee Min è uno studente delle scuole superiori che guida la sua auto per andare a scuola e a lavoro; egli ha comprato una Chevrolet Cavalier 1998 con un valore di Kelley Blue Book (la più grande compagnia degli Stati Uniti di valutazione dei veicoli automobilistici) di \$6600, sta cercando di acquistare un'assicurazione ed ha trovato una polizza di sei mesi di \$500 deducibili per incidente e un premio di \$1250 per i sei mesi. Oltre a ciò vengono poi poste, allo studente, una serie di domande (in questo problema 13) che consentono di analizzare la situazione dal punto di vista probabilistico, di ottimizzazione, etc. Esempi di domande sono: se Jee Min ha un incidente automobilistico, qual è il possibile ammontare di danni al suo veicolo? Supponiamo che Jee Min sia legalmente responsabile di un incidente ed è coperto da assicurazione sugli incidenti con una franchigia di \$500. Quale sarebbe il suo*

⁶ZIP+4 code è un sistema di codice postale utilizzato da USPS costituito da cinque cifre del codice di avviamento postale, un trattino e quattro cifre più che determinano una posizione più precisa rispetto al codice ZIP da solo

costo diretto se il costo per riparare i danni alla sua auto sono stati di \$400? Cosa succede se il costo per riparare i danni alla sua macchina è stato di \$700? E se il costo di riparazione è stato di \$1200? In questi tre ultimi casi, se supponiamo che Jee Min non acquisti l'assicurazione, quali sarebbero i suoi costi per ogni incidente?

Alcune di queste domande, per la risoluzione, necessitano dell'albero delle decisioni con il quale trovare la decisione da prendere a livello grafico e tramite il calcolo delle probabilità richieste, associate a ciascun evento casuale;

- RISORSE PER L'INSEGNANTE: questa parte contiene tutte le informazioni di cui l'insegnante ha bisogno per spiegare il modulo agli studenti e fornire loro tutto il materiale per poter risolvere l'attività;
- ULTERIORI ATTIVITA' PER LO STUDENTE: in questa sezione sono riportati ulteriori approfondimenti dell'attività proposta, che è possibile affrontare solo se è stata analizzata, studiata e risolta la prima parte poichè in questa parte vengono mostrati i risultati delle domande poste nell'altra parte. Punto importante di questo modulo è la capacità di costruire l'albero decisionale per compiere la scelta migliore tra le tre possibili sulla base dei dati già ottenuti e sulla base delle indicazioni fornite dal testo sui nodi e gli archi da aggiungere e sulle etichette da dare. A questo punto vengono poste ulteriori domande quali: *alla fine di ogni sequenza di rami, registrare la probabilità di quella sequenza di eventi casuali; per ogni sequenza di rami in ogni parte dell'albero decisionale (che rappresenta l'op-*

zione per la stipula di \$500 deducibili dall'assicurazione), calcolare il costo totale compreso il premio di importo, di quella sequenza di rami; sulla base di questa analisi, qual'è l'opzione per il più piccolo costo previsto?

- BACKLINE MASTERS: in generale sono tabelle con contenuti utili per l'insegnante e/o lo studente per svolgere l'attività. Nel caso specifico troviamo due tabelle, la prima relativa agli incidenti automobilistici (danni-prezzi e relativa probabilità) e la seconda relativa al costo previsto delle tre decisioni (no assicurazione, \$500 deducibili, \$1000 deducibili).

Quello che troviamo in comune a tutti i 13 moduli sono gli obiettivi principali, il contesto, gli obiettivi dell'insegnante e i casi studio mentre varia il materiale fornito, diverso a seconda del particolare modulo. Se guardiamo al secondo modulo denominato Arm-and-a-Leg, riguardante Manipulating Functions, nel materiale didattico, esercizi e compiti a casa per lo studente che sono appunto delle ulteriori domande, attività ed applicazioni da svolgere autonomamente, dopo aver analizzato la situazione del problema, tramite l'attività a lui dedicata e le risorse riservate all'insegnante, che sono due parti del materiale didattico presente in tutti i moduli.

3.2.3 Progetto MINDSET

3.2.3.1 Premessa

MINDSET - Mathematics INstruction using Decision Science and Engineering Tools [s10] è un progetto quadriennale nato da HSOR avente come scopo principale l'introduzione dell'insegnamento della Ricerca Operativa nelle scuole superiori.

Nell'articolo [7] di Kenneth R. Chelst e Thomas G. Edwards⁷ viene spiegato come la Ricerca Operativa trasforma la mentalità (**MINDSET**) della matematica nelle scuole superiori. Infatti, secondo le parole degli stessi autori, quando ogni nuovo concetto di matematica viene insegnato nelle scuole superiori porta sempre con se la temuta domanda "quando potrò mai usare questa roba?". In verità, quanti insegnanti hanno usato i concetti di algebra 1 e 2 per affrontare e risolvere problemi del mondo reale?

Gli autori allora spiegano come il curriculum del progetto **MINDSET** è progettato per rispondere alla temuta domanda "quanto potrò mai usare questa roba?" anche prima che essa possa essere formulata. In contrapposizione al-

⁷**Kenneth Chelst** è professore presso il dipartimento di Ingegneria Industriale e della Produzione presso Wayne State University e Co-PI del Progetto **MINDSET**, **Thomas Edwards** è professore di Educazione Matematica presso il College of Education del Wayne State, **Robert Young** è professore di Ingegneria Industriale presso North Carolina State University, **Karen Keen** è assistente universitario di Educazione Matematica presso College of Educazione del North Carolina State University, **Karen Norwood** è professore associato di Educazione Matematica presso College of Education del North Carolina State University, **David Pugalee** è professore di Educazione presso University of North Carolina di Charlotte e direttore provvisorio del Dipartimento del Center for Mathematics, Science and Technology Education.

l'istruzione di scuola superiore che tutti noi abbiamo sperimentato e ricevuto, MINDSET inizia con un contesto realistico, passando alla matematica necessaria per formulare ed esplorare il problema. Il nuovo approccio infatti è estraneo al modo che la più vasta maggioranza di insegnanti di scuole superiori hanno sperimentato e visto inerente la matematica ovvero solo come uno strumento per trovare la singola corretta risposta al problema, quindi a loro sarà richiesto di pensare ed agire diversamente ed è questo cambio di prospettiva, una nuova mentalità matematica che è al centro del progetto MINDSET.

3.2.3.2 Il progetto MINDSET: caratteristiche

È un progetto di 3 milioni di dollari, finanziato da NSF (National Science Foundation) e sponsorizzato da EHR (Directorate for Education and Human Resources) [s11] per sviluppare, implementare e valutare due semestri di corso per insegnanti di scuole media superiori di Ricerca Operativa e Ingegneria Industriale. Le tre università partner sono North Carolina State University, Wayne State University e University of North Carolina - Charlotte. Si tratta di una collaborazione tra educatori, ingegneri, matematici delle tre Università per creare, implementare e valutare un nuovo curriculum di matematica e libri di testo, dando ampio spazio ad una collaborazione tra il personale del progetto MINDSET e gli insegnanti delle scuole superiori di tutto il paese. L'intento è quello di rafforzare gli usuali concetti della matematica, usando le basi insieme agli strumenti proprio dell'attività decisionali della Ricerca Operativa ed Ingegneria Industriale, per un ulteriore quarto anno di matematica di corso. Il corso è progettato per indirizzare e migliorare le seguenti ben documentata-

te lacune di prestazione e problemi motivazionali in matematica, nelle scuole superiori degli Stati Uniti:

- migliorare la risoluzione di problemi a più stadi;
- migliorare l'abilità di risultati nei vari contesti (non fermarsi semplicemente ad identificare la soluzione ma fare di essa un'analisi nel rispettivo contesto);
- aumentare la motivazione e l'attitudine positiva verso la matematica.

Gli autori dell'articolo spiegano inoltre come nell'agosto del 2010 essi hanno completato con successo il terzo dei cinque anni di corso, raggiungendo tutti gli obiettivi in termini di prodotti e servizi offerti, di costi e rispettando i tempi dati. Nel loro lavoro hanno progettato bozze di due testi lunghi un semestre, uno in deterministic decision-making e l'altro in probabilistic decision-making, ognuno del quale costituito da 10 capitoli che sono stati individualmente sperimentati nelle scuole superiori in North Carolina e Michigan; hanno sviluppato un meccanismo di supporto per assistere gli insegnanti mentre si preparano ed insegnano il corso e questo supporto include un sito web per presentare e sottoporre domande, forum di discussione ed una linea diretta a cui ci si può rivolgere quattro sere a settimana, con l'obiettivo di rispondere alla maggior parte delle domande entro 24 ore.

Sotto la guida del Dr. S. Shlomo, valutatore esterno, hanno sviluppato gli strumenti per determinare se il corso realizza i tre obiettivi stabiliti e prefissati. In preparazione al lancio del progetto, 60 insegnanti del North Carolina e Michigan hanno partecipato, durante l'estate del 2010, ad un laboratorio

della durata di una settimana. La sperimentazione che i fondatori del progetto MINDSET hanno fatto nelle scuole superiori del North Carolina e Michigan, è servita a fornire spunti critici sull'efficacia del curriculum complessivo per diverse popolazioni studentesche, provenienti da una vasta e varia gamma di scuole superiori.

Ci vuole solo una fortissima motivazione individuale per iniziare a portare il progetto MINDSET a distretti scolastici locali, ad uno stato e qualche volta ad un'intera nazione. Paul Brice, un insegnante di scuola superiore nella periferia di San Diego (pilastro fondamentale dell'annuale conferenza INFORMS degli ultimi 20 anni), ha ospitato nella sua scuola, nel 2009, il laboratorio per insegnanti di scuole superiori ed ha presentato, con l'assistenza dei fondatori del progetto MINDSET, il curriculum MINDSET al sistema dell'Università della California per approvarlo come un corso avanzato di matematica per le scuole superiori ed essere riconosciuto come tale da tutti i college e le Università presso il sistema dell'Università di California. Il progetto MINDSET, come spiegato dai suoi fondatori, offre vantaggi agli insegnanti e agli studenti. Infatti gli *insegnanti* ricevono una formazione professionale, possono accedere a tutti i moduli del corso e materiali di supporto on line, ricercare e contribuire ad una conoscenza di base personalizzata, discutere sugli argomenti del corso nei forum della community online, ottenere aiuto di persona e tramite assistenza tecnica on line. Questa attività collaborativa e di supporto viene continuamente monitorata al fine di migliorarla, tenendo conto anche dei commenti critici da parte degli insegnanti, con l'obiettivo di renderlo sostenibile e sufficientemente flessibile per essere riprodotta e utilizzata da altri.

Per quanto riguarda gli *studenti*, è noto che basse prestazioni e competenze in matematica sono un fattore critico che si ripercuote, incidendo negativamente, sui successi degli studenti, soprattutto di quelli nelle aree scientifiche e delle industrie meccaniche. Ecco perché c'è una comune richiesta proveniente da diversi stati di un quarto anno di matematica nelle scuole superiori.

3.2.3.3 Insegnare Matematica: approccio tradizionale vs nuovo MINDSET

Nell'articolo [7] sono inserite tre tabelle, dove vengono messe in evidenza le differenze tra l'insegnamento della matematica con l'approccio tradizionale e con il nuovo MINDSET. In particolare:

- nella prima tabella il contrasto riguarda l'approccio verso la matematica;
- nella seconda tabella il contrasto riguarda come gli studenti vedono la natura della matematica;
- nella terza tabella il contrasto riguarda il ruolo dell'insegnante.

La Figura 3.1 mostra come le modalità del progetto MINDSET differiscono dagli approcci tradizionali relativamente all'insegnamento della matematica nelle scuole. Nell'approccio tradizionale la classe inizia con una revisione e correzione dei compiti precedentemente assegnati a casa; successivamente una nuova procedura matematica è introdotta e spiegata in dettaglio e diversi esempi sono elaborati e risolti alla lavagna, di solito dall'insegnante. Infine agli studenti sono dati diversi esercizi, simili a quelli già svolti dall'insegnante, per esercitarsi in classe mentre l'insegnante osserva e controlla il loro lavoro. Solo

APPROCCIO TRADIZIONALE	APPROCCIO NEW MINDSET
1. La procedura matematica è insegnata per prima.	1. L'applicazione del mondo reale inizia una discussione.
2. Successivamente, la procedura matematica viene praticata.	2. Il contesto del problema è letto e discusso. <ul style="list-style-type: none"> ▪ Da dove vengono i numeri? ▪ Che cosa significano? ▪ Qual'è l'obiettivo? ▪ Quali sono i vincoli?
3. Possibili applicazioni sono aggiunte più tardi, spesso se il tempo lo permette.	3. Studenti ed insegnanti organizzano una rappresentazione matematica del problema.
4. Problemi del mondo artificiale sono usati per far apparire la situazione reale.	4. Piccoli problemi sono risolti a mano; grandi problemi sono risolti con appropriato uso della tecnologia.
5. La parola problema contiene esattamente le informazioni necessarie – niente più e niente meno.	5. I risultati in merito alla soluzione del problema sono interpretati ed esplorati.
6. La maggior parte degli studenti non mostrano interesse nel problema.	
7. Il problem-solving è ridotto alla sola questione di trovare la risposta ed andare avanti.	

Figura 3.1: Approcci contrastanti della matematica nelle scuole

dopo aver acquisito sufficienti competenze ed abilità con la procedura matematica si passa a considerare l'applicazione pratica. Queste applicazioni sono esempi che creati artificialmente con lo scopo di fare ulteriore pratica con le procedure appena acquisite in maniera teorica in classe. Non a sorpresa, la maggior parte degli studenti non mostrano un vero interesse verso questi problemi, probabilmente perché nelle scuole, il termine "problem solving" è stato ridotto a trovare l'unica e sola risposta corretta e ad andare avanti. Kenneth Chelst e gli altri autori dell'articolo [7] mettono in evidenza l'aspetto che in questo tipo di approccio, gli studenti hanno un ruolo più o meno passivo nel loro apprendimento, per loro c'è poco spazio per discutere delle idee chiave del problema e quindi non c'è da meravigliarsi se molti di loro, al termine delle scuole superiori (e anche durante il ciclo scolastico), considerano la matematica e il suo studio, sotto una strana prospettiva volta a raggiungere un solo obiettivo quale la risoluzione di problemi artificiali piuttosto che soluzione di problemi realistici.

Al contrario, il nuovo curriculum MINDSET che Chest e gli altri propongono, è basato sulle applicazioni e sulla guida al problema. L'istruzione matematica inizia con l'applicazione del mondo reale con la quale la maggior parte, se non tutti gli studenti, possono identificarsi, sviluppando così la matematica ed i suoi concetti all'interno del contesto della situazione del problema e non come due settori distanti quali teoria e applicazione reale. In questo approccio, a differenza dell'altro, ci sono ampie opportunità di discussione per gli studenti, confronti in classe per capire il problema e sviluppare un percorso per trovare la soluzione. Una volta che il problema è risolto la discussione continua, ma

ora essa è centrata sull'interpretazione della soluzione, includendo in questa fase, l'analisi della sensitività e quindi l'analisi della soluzione trovata rispetto a cambiamenti dei parametri e/o della struttura del problema, individuare quali siano i parametri più sensibili del modello, quelli per cui anche una piccola variazione conduce a significative variazioni del valore ottimo della soluzione trovata, valutare l'opportunità di aumentare la disponibilità di risorse e/o stabilire un limite massimo sui costi che si è disposti a pagare. . . .

Gli studenti saranno in grado di rispondere a domande quali "quanto robusta è la soluzione in considerazione di un cambiamento in uno dei parametri del problema? È questa l'unica soluzione al problema?".

Gli autori e i fondatori del progetto MINDSET credono e sono convinti che tutto il progetto MINDSET porterà differenze fondamentali nel modo in cui gli studenti di scuola superiore vedranno e considereranno la matematica. A proposito della Ricerca Operativa, MINDSET mette in evidenza come il suo punto di forza è lo studio di tutti quei sistemi in cui le decisioni umane, che devono essere prese, gioca un ruolo fondamentale ed a volte critico. Gli strumenti della Ricerca Operativa, infatti, consentono alle persone di prendere decisioni efficaci ed efficienti, seguendo i precetti scientifici di osservazione empirica e di modellazione, che combinano il pensiero analitico e la sintesi tecnica, il tutto in un approccio interdisciplinare che porta al problem solving.

La Figura 3.2 mette in evidenza i differenti punti di vista sulla natura della matematica, basati sulle differenti opinioni degli studenti, alcuni che hanno ricevuto un'insegnamento basato su approccio tradizionale altri che invece hanno ricevuto un'insegnamento basato su questa nuova prospettiva, propria del nuo-

APPROCCIO TRADIZIONALE	APPROCCIO NEW MINDSET
1. La matematica è un insieme di procedure usate per trovare la singola risposta corretta.	1. La matematica è uno strumento per il problem solving.
2. La matematica è la manipolazione di espressioni algebriche.	2. La matematica è : <ul style="list-style-type: none">▪ Formulare il problema.▪ Esplorare un range di possibili risposte.▪ Identificare e valutare al meglio le migliori risposte.▪ Esplorare l'efficacia e la robustezza di una risposta.
3. Complessità in matematica significa che le espressioni sono molto difficili da manipolare.	3. Complessità in matematica è il risultato della complessità del mondo reale.
4. La correttezza matematica è situata in una figura autoritaria.	4. La correttezza in matematica è basata su logica e deduzione.

Figura 3.2: Visioni contrastanti sulla natura della matematica da parte degli studenti

vo MINDSET. Quando la matematica è insegnata usando il primo approccio, gli studenti tendono a considerarla come un insieme di procedure che sono applicate per trovare una risposta "corretta", definendola come l'insieme di tutto ciò che riguarda la manipolazione di simboli algebrici e legando il concetto di complessità a quello di espressioni o equazioni difficili, ponendo la correttezza della soluzione in qualche autorità, come ad esempio l'insegnante o il libro di testo. Per quanto riguarda invece le valutazioni sul nuovo MINDSET che i fondatori hanno raccolto tramite il campo prove di uno o più capitoli del libro MINDSET, esse mettono in evidenza che gli studenti che hanno ricevuto un insegnamento tramite tale approccio sono più appropriati e propensi a vedere la matematica come uno strumento per risolvere problemi, a pensare che la matematica è ciò che riguarda la formulazione dei problemi, esplorare un range di possibili soluzioni, identificare la migliore soluzione e valutarne l'efficacia e la robustezza di una soluzione. Da questa prospettiva, la complessità in matematica deriva dalla complessità da cui siamo circondati nel mondo reale ma essi tendono a vedere la correttezza matematica non più come qualcosa scritto nei libri di testo o detto dall'insegnante ma basata su logica e deduzione e quindi, non sorprendentemente il ruolo di un insegnante in questo nuovo MINDSET è fondamentalmente differente dal quello della maggior parte degli insegnanti che usano l'approccio tradizionale.

La Figura 3.3 mette in evidenza alcune caratteristiche del ruolo dell'insegnante nell'ambito dei due approcci. Dal punto di vista tradizionale, il ruolo dell'insegnante è quello di spiegare e dimostrare, supervisionare e valutare gli studenti dal punto di vista teorico e pratico, identificare gli errori più comuni

APPROCCIO TRADIZIONALE	APPROCCIO NEW MINDSET
1. Insegnare agli studenti nuove procedure, step by step.	1. La matematica è uno strumento per il problem solving.
2. Ripetere con parecchi e possibilmente diversi esempi.	2. Incoraggiare gli studenti a leggere e discutere le questioni che circondano la problema.
3. Sorvegliare e valutare le esercitazioni degli studenti; identificare gli errori più comuni.	3. Porre agli studenti varie domande sul problema, quali ad esempio: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Quali decisioni devono essere prese? ▪ Quali aspetti del problema incidono su queste decisioni?
4. Aiutare gli studenti più deboli, anche grazie all'uso di gruppi di cooperazione (team)	4. Sviluppare con gli studenti un modello matematico che aiuti a prendere le decisioni.
5. Introdurre problemi più difficili coinvolgendo manipolazioni algebriche più complesse.	5. Dimostrare una procedura matematica che gli studenti poi applicheranno per risolvere il problema.
6. Prossimi passi: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Fare più pratica. ▪ Passare alla successiva procedura matematica. 	6. Prossimi passi: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Guidare le discussioni sulle soluzioni e risposte al problema in merito alla robustezza, all'efficacia, agli effetti nei cambiamenti dei parametri... ▪ Identificare e discutere gli errori.

Figura 3.3: Visioni contrastanti sui ruoli degli insegnanti

ed aiutare gli studenti più deboli. Dal punto di vista del nuovo MINDSET il ruolo dell'insegnante è veramente quello di essere più una "guida sul lato" che un "saggio sul palcoscenico". Il ruolo dell'insegnante si sposta poi su cose come incoraggiare gli studenti e dare un senso al testo, discussioni principali incentrate sul problem solving, sviluppo di modelli matematici riguardanti varie situazioni descritte sotto forma di problemi e questo con la piena partecipazione degli studenti, dimostrazione di procedure matematiche quando essi si trovano di fronte a difficoltà nel contesto di risolvere un problema, supervisionare i gruppi di studenti che lavorano insieme alla risoluzione di problemi piuttosto che supervisionare singoli studenti che affrontano "nella pratica" i problemi. Lo staff del progetto MINDSET ritiene che questi fondamentali cambiamenti nell'istruzione matematica delle scuole superiori non saranno un compito facile: sarà richiesto il continuo duro lavoro dello staff nello sviluppo specifici materiali per classi di scuole superiori e nel fornire un supporto per l'implementazione, saranno richiesti dei quadri ed elenchi di insegnanti-sperimentatori che sono disposti ad adottare ed introdurre questo nuovo curriculum, attualmente fuori dalla loro zona di insegnamento. Infine per la divulgazione e diffusione del progetto MINDSET, i responsabili di progetto hanno bisogno del supporto di organizzazione professionali come INFORMS i cui membri conoscono molto bene l'utilità e l'importanza della matematica nella soluzione di problemi interessanti perché è solo attraverso gli sforzi di tutti e tre i gruppi che il progetto MINDSET può avere un impatto nelle classi delle scuole superiori degli Stati Uniti in modi che produrranno diplomati di scuole superiori con un nuovo apprezzamento verso la matematica nel mondo reale.

3.2.3.4 Progetto MINDSET: dettagli didattici

Come spiegato nel sito della North Carolina State University (NCSU) [s12], dove il sito MINDSET rimanda con dei link per approfondimenti vari, la forza e la versatilità della Ricerca Operativa, deriva dal suo potere di diagnosi attraverso l'osservazione e la modellazione, così come dal suo potere prescrittivo attraverso l'analisi e la sintesi. Gli operatori di Ricerca Operativa hanno risolto con successo una vasta gamma di problemi reali, che variano dalla progettazione ottimale delle reti di telecomunicazione, alla progettazione per una distribuzione ottimale delle forze armate in tempo di guerra e molte nuove applicazioni originano dagli attuali e reali problemi come quelli delle società di produzione e distribuzione di energia, del controllo dell'inquinamento ambientale, del mantenimento della salute e della produzione di software. Per questi ed altri motivi, la Ricerca Operativa è una parte importante del set di strumenti di un ingegnere industriale ed a tal fine, il progetto MINDSET comprende i seguenti argomenti:

- Linear Programming, inclusi problemi di minimo e di massimo;
- Integer Programming, incluso Binay Programming 0-1;
- Integer Programming Assignment Problems;
- Multiple Attribute Utility Theory (MAUT);
- Networking, inclusi la metodologia CPM/PERT, Shortest Path, Location e Transportation problems.

Il corso si compone di due semestri, uno di contenuto deterministico e l'altro di contenuto probabilistico, entrambi usando l'Algebra come prerequisito.

Il *curriculum deterministico* include la programmazione lineare, i problemi facility location, il metodo del percorso critico, i problemi di trasporto e l'attività decisionale multi-criterio.

Il *curriculum probabilistico* include le distribuzioni di probabilità, gli alberi decisionali, PERT (Program Evaluation and Review Technique), le catene di Markov e la teoria delle code.

In questi due curriculum teoria, tecniche e strumenti, vengono intrecciati e sviluppati nell'ambito di contesti reali e problemi che da essi nascono, al fine di rendere la Matematica interessante per gli studenti. Nella sezione del sito denominata "capitoli campione" troviamo i 19 capitoli che riguardano il progetto MINDSET, suddivisi in due classi:

1. Deterministic Decision Making:

- Multi-Criteria Decision Making
- Linear Programming - Maximization
- Sensitivity Analysis
- Linear Programming - Minimization
- Integer Programming
- Binary Programming
- Location Problems
- Shortest Path
- Critical Path Method

2. Probabilistic Modeling:

- Decision Trees
- Introduction to Basic Probability
- False Positive/False Negatives
- Binomial and Geometric Distributions
- Poisson Distribution
- Normal Distribution
- Quality Control
- Queuing Theory
- PERT
- Markov Chains

In tre di questi capitoli, Linear Programming - Maximization, Binary Programming e Decision Trees, troviamo un breve sommario ed un link da cui scaricare un file in formato pdf del capitolo. Andando ad analizzare, nel dettaglio, il materiale fornito dal sito per quanto riguarda il capitolo **Linear Programming - Maximization**, esso è suddiviso in cinque sotto-capitoli più un sesto di sommario e obiettivi da raggiungere. Ognuno di questi sotto-capitoli focalizza l'attenzione su un particolare aspetto del tema principale, ovvero Linear Programming, con spiegazioni effettuate attraverso esempi concreti di aziende e/o situazioni reali ed un obiettivo che lo studente dovrebbe essere in grado di raggiungere. Nel file, il concetto di Mathematical Programming ovvero programmazione matematica, viene definita come un approccio matematico volto

a stanziare risorse limitate tra le opzioni in maniera ottimale che include la programmazione lineare, la programmazione intera e la programmazione binaria. A sua volta il concetto di Linear Programming, ovvero programmazione lineare è definita come una tecnica matematica per trovare il valore ottimale di una funzione obiettivo lineare (da minimizzare o massimizzare), soggetta a vincoli lineari (tecnici e di non-negatività) e con variabili decisionali che possono assumere anche valori frazionari.

Le sezioni di questo capitolo sono Mathematical Programming, Computer Flips - a Junior Achievement Company, SK8MAN Inc., The Pallas Sport Shoe Company, LP Maximization - Homework Questions, Sommario ed Obiettivi da raggiungere. L'obiettivo che vuole raggiungere questa sezione di capitolo è quello di riuscire a far capire agli studenti cosa significa modellare matematicamente una situazione reale e quanto sia importante ed utile costruire un modello fisico e/o simbolico.

Nel capitolo denominato **Binary 0-1 Problems**, anch'esso dotato di un file in formato pdf scaricabile, viene prima di tutto definita la programmazione binaria come una forma di programmazione intera, il cui termine "binario" si riferisce alle variabili decisionali. Infatti quando le variabili decisionali sono binarie, significa che possono assumere solo i valori 0 o 1, il che potrebbe sembrare troppo restrittivo, ma ci sono molte situazioni che possono essere facilmente modellati utilizzando variabili decisionali binarie. Alcune delle decisioni che possono essere modellate con la programmazione binaria sono: *Dovremmo individuare un nuovo concessionario di automobili in questa posizione? Dovrei investire in questo stock? Quali sono le possibili risposte a ciascuna di queste*

domande? Come si potrebbero utilizzare le variabili binarie 0 e 1 per modellare queste risposte? Con questo capitolo, gli studenti dovrebbero essere in grado di identificare l'obiettivo del problema, identificare e definire le variabili decisionali binarie, scrivere la funzione obiettivo, i vincoli coinvolti nel problema (di assegnazione o standard e funzionali), formulare il problema usando una matrice compatta, inserire la formulazione del problema in Excel e risolverlo, interpretare la soluzione ottima.

Infine, nel capitolo denominato **Decision Trees**, il primo della classe inerente i modelli probabilistici, viene introdotto il concetto di scelte in condizioni di incertezza. Tutti noi, quotidianamente e in tutti gli ambiti della nostra vita, dobbiamo prendere decisioni che coinvolgono l'incertezza e il rischio, a diversi gradi. La metodologia dell'albero di decisione è uno strumento di supporto a tutte le decisioni che utilizza un albero come grafico o modello delle decisioni e delle loro possibili conseguenze, compresa la possibilità degli esiti dell'evento, i costi delle risorse, e di utilità, essendo così un modo per visualizzare un algoritmo. Alberi di decisione sono comunemente usati in Ricerca Operativa, in particolare in analisi la decisione, per aiutare a identificare una strategia più probabilistica di raggiungere un obiettivo. Generalmente la migliore alternativa massimizza il valore atteso del profitto o minimizzare il costo atteso, ma possono essere considerate anche altre variabili non-finanziarie. Con questo capitolo, gli studenti dovrebbero essere in grado di creare un albero decisionale con nodi decisionali, nodi casuali e nodi finali, identificare il potenziale costo o beneficio per ogni diramazione di un nodo con le rispettive probabilità, trovare il valore per ogni ramo dell'albero decisionale e il valore previsto per

ogni opzione.

Capitolo 4

La divulgazione della Ricerca Operativa in Europa

4.1 EURO

In Europa chi si occupa di promuovere e diffondere la conoscenza della Ricerca Operativa è **EURO**¹, un'associazione no-profit che fa parte di IFORS con sede a Friburgo in Svizzera e che ha come società membro Austria, Bielorussia, Belgio, Bulgaria, Croazia, Repubblica Ceca, Danimarca, Finlandia, Francia, Germania, Grecia, Ungheria, Islanda, Irlanda, Israele, Italia, Lituania, Paesi Bassi, Norvegia, Polonia, Portogallo, Serbia, Slovacchia, Slovenia, Sud Africa, Spagna, Svezia, Svizzera, Turchia e Regno Unito ed ha come scopo principale quello di promuovere la Ricerca Operativa ovunque in Europa [s13].

Negli anni settanta se da un lato vi era una crescente consapevolezza delle numerose attività in corso messe in atto nei vari paesi e riguardanti la Ricerca

¹EJOR - European Journal of Operational Research - è la rivista ufficiale di EURO.

Operativa, dall'altro lato c'era una debole comunicazione e promozione tra i ricercatori europei. Ecco perché, fin dalla fondazione di EURO, i rappresentanti degli stati membri hanno convenuto che sarebbe stato opportuno formalizzare e istituzionalizzare una maggiore cooperazione europea tra tutte le società e associazioni di Ricerca Operativa. Nel corso degli anni sono stati raggiunti notevoli progressi, tuttavia vi è la necessità continua da parte di EURO di gente entusiasta e dedicata alla Ricerca Operativa per permettere di mantenere i suoi strumenti attuali e di procedere a una più vasta gamma di attività a sostegno dei suoi obiettivi a livello europeo.

Gli obiettivi di EURO sono:

- collegare la Ricerca Operativa ad un insieme sempre più ampio delle scienze già esistenti affinché essa diventi uno strumento e una disciplina conosciuta in tutta l'Europa per fornire soluzioni adeguate alle nuove sfide nel mondo degli affari, della tecnologia e della società;
- cooperare per il progresso della conoscenza, dell'interesse e dell'educazione in Ricerca Operativa;
- organizzare riunioni e conferenze, pubblicare libri, giornali e riviste, concedere premi per promuovere talenti in Ricerca Operativa.

EURO spiega che sebbene non ci sia una "definizione ufficiale" della Ricerca Operativa, essa può essere descritta come un approccio scientifico per determinare le soluzioni di problemi che riguardano la gestione di sistemi complessi. In un ambiente di rapidi cambiamenti, si cerca sempre più una conoscenza e comprensione maggiore delle situazioni che faciliterà la scelta e l'implementa-

zione di soluzioni sempre più efficaci, e che tipicamente, possono coinvolgere complesse iterazione tra persone, materiali e denaro. La Ricerca Operativa è stata ed è intensivamente utilizzata nel business, industria e governo e molti metodi analitici si sono continuamente evoluti come la programmazione matematica, simulazione, teoria dei giochi, teoria delle code, analisi delle reti, analisi decisionale, analisi multicriterio che hanno potenti e numerose applicazioni ai problemi del mondo reale con strutture logiche appropriate. Per questo e per altri motivi la Ricerca Operativa è un lavoro di squadra che richiede una stretta cooperazione tra decision-makers, l'esperto di Ricerca Operativa e le persone che sono interessate alla gestione. La società del Regno Unito di Ricerca Operativa, la più antica e consolidata società di Ricerca Operativa per il soddisfacimento dei bisogni di professionisti di Ricerca Operativa, ritiene che la Ricerca Operativa "guarda" alle varie necessità delle organizzazioni ponendosi come obiettivo quello di lavorare con i clienti per trovare soluzioni pratiche e concrete ai problemi operativi o strategici o gestionali, spesso lavorando all'interno di brevi e stretti vincoli temporali. Una volta che un buono e migliore modo di procedere è stato individuato, i ricercatori operativi giocano un ruolo centrale e fondamentale alla gestione e all'attuazione delle modifiche proposte.

4.1.1 EURO: 24 hours of Operations Research

"**24 ore di Ricerca Operativa**" è un progetto di EURO finalizzato a presentare una raccolta di problemi di Ricerca Operativa con cui abbiamo a che fare nella vita quotidiana, ognuno con una proposta di soluzione appropriata, al fine di dare un contributo maggiore alle attività di EURO sulla promozione

e lo sviluppo della Ricerca Operativa. Tra le istituzioni che collaborano a questo progetto troviamo l'Università di Kaiserslautern, l'Istituto di Matematica Numerica ed Applicata di Göttingen, l'Università François Rabelais de Tours, Politecnico di Milano, Università degli Studi di Milano, Università di Ferrara

Il progetto "24 hours Operation Research" prende il nome dall'orologio "Operation Research clock". I progetti presentati e che troviamo nel sito [s14] sono suddivisi in base alle 24 ore della giornata.

In particolare:

- **ore 11:00** - Loading a set of ULDs optimally;
- **ore 12:00** - Evacuation planning: nella pianificazione di un piano di evacuazione l'obiettivo è di ridurre al minimo il tempo necessario per evacuare un edificio e/o per massimizzare il numero di persone che possono essere evacuate in un dato orizzonte temporale;
- **ore 13:00** - Cancer therapy: nella terapia del cancro uno dei problemi che deve essere risolto è quello di individuare le intensità dei fasci di radiazione utilizzati nel trattamento in modo da avere il massimo controllo del tumore durante il tempo del trattamento e l'irradiazione di organi vitali siano ridotte al minimo;
- **ore 14:00** - Acquisition prioritization: nel tentativo di trovare un mix ottimo di opportunità di mercato sulla base di una stima delle risorse interne e di una strategia globale, l'azienda Keiper vuole uno strumento di supporto decisionale, che può essere utilizzato per la gestione dei dati, del

problem solving, la simulazione e la presentazione di diverse alternative per il decisore;

- **ore 15:00** - Dispatching at ADAC: l'invio automatico di veicoli di servizio per la ADAC, può essere formulato e risolto come un problema di ricerca operativa al fine di fornire un servizio di buona qualità con bassi costi operativi;
- **ore 16:00** - Delay management: in caso di ritardi nei trasporti pubblici, il calendario originale deve essere aggiornato in tempo reale per un calendario alternativo e questo deve essere fatto in modo che tutti i vincoli operativi siano rispettati;
- **ore 17:00** - Design of a house for disable persons: per una persona disabile, una grande sfida è quella di avere una casa adeguata in grado di bilanciare i suoi/le sue disabilità; il design della casa di questo tipo deve considerare molti vincoli tecnici, disabilità ed i desideri dei futuri abitanti;
- **ore 18:00** - Hub locations in cargo delivery: parallelamente al continuo aumento della concorrenza sul mercato delle aziende di spedizioni di carico, la compagnie di carico in Turchia sono alla ricerca di nuovi metodi per aumentare la velocità e l'affidabilità del loro servizio;
- **ore 19:00** - Production resetting optimization: di solito una fabbrica dovrebbe fare sempre un compromesso tra fare i lotti più grande possibile e massimizzare la produzione e fare piccoli lotti e fornire i prodotti più

velocemente ai clienti quindi è molto importante ridurre i tempi di setup per quanto possibile per migliorare la flessibilità produttiva;

- **ore 08:00** - Waste collection.

Per ognuno di questi troviamo la definizione del problema, un approccio alla soluzione e varie informazioni aggiuntive, il tutto presentato on-line sul sito oppure in formato pdf scaricabile. Se analizziamo nel dettaglio il problema relativo alla raccolta dei rifiuti, in particolare la raccolta e lo smaltimento di rifiuti riciclabili, a cui hanno collaborato Bruglieri Maurizio e Malucelli Federico del Politecnico di Milano, Aringhieri Roberto dell'Università degli Studi di Milano ed infine Nonato Maddalena dell'Università degli Studi di Ferrara. Il problema presentato riguarda quello della società italiana GESENU che si occupa di progettazione e gestione di servizi di igiene urbana e complementari; progettazione raccolte differenziate di carta, cartone, legno, vetro, plastica, alluminio, ferro, frazione organica umida, verde di potatura, pile esaurite, farmaci scaduti, ingombranti, indumenti usati, rifiuti di apparecchiature elettriche ed elettroniche; progettazione, costruzione, gestione di impianti di selezione, riciclaggio e compostaggio di qualità, discariche controllate, impianti di stoccaggio di rifiuti speciali e pericolosi, impianti di depurazione reflui, impianti di termovalorizzazione, stazioni ecologiche.

Consideriamo un insieme di veicoli omogenei, situati in un unico deposito dove si trovano i contenitori vuoti di ricambio e per ogni tipo sono disponibili veicoli in quantità limitata. Per ogni materiali sono dati i cassonetti, che nel progetto chiamano MFR - Material Reclaimer Facility e sono noti i tempi di percorrenza lungo la rete stradale che collega le stazioni di riciclaggio e smaltimento, che

nel progetto chiamano RDS - Recycling and Disposal Stations, gli MFR ed il deposito. Devono essere soddisfatte un insieme di richieste di servizio, una per ogni contenitore pieno situato in una stazione RDS e diverse richieste di servizio possono essere presenti nella stessa stazione RDS al tempo stesso. I veicoli trasportano ciascun contenitore come un unico carico, un contenitore alla volta, sia che esso sia pieno che vuoto. Il turno del conducente può durare al massimo 360 minuti, 6 ore, a partire dalle 8:00 e si vuole determinare il percorso dei veicoli soggetto al vincolo di durata massima del turno del conducente in modo da servire tutte le richieste al fine di minimizzare il numero dei veicoli impiegati e la durata totale del tragitto. Come spiegato nelle note aggiuntive si tratta di un particolare problema di routing dove il peso su ogni arco è il tempo totale necessario per svolgere tutte le attività modellate dall'arco, compreso il tempo di servizio presso il nodo testa; il peso di tutto il percorso è la sua durata e il peso massimo consentito in ogni percorso corrisponde alla durata massima del turno del conducente.

4.2 L'esperienza nel Regno Unito

4.2.1 Premessa

In ognuno degli stati membri di EURO, è presente una società di Ricerca Operativa. Ai fini di questa tesi prendiamo in considerazione soltanto l'esperienza nel Regno Unito. A Birmingham, infatti, ha sede la ORS (The Operational Research Society of the United Kingdom) - Società di Ricerca Operativa del Regno Unito [s15] - che dedica ampio spazio alla formazione degli insegnanti e

all' "allenamento" degli alunni a questa scienza. Essa offre corsi di formazione, conferenze, pubblicazioni e informazioni a coloro che lavorano nel campo della Ricerca Operativa.

Tutto questo viene portato avanti dalla società con una serie di attività, le cui principali sono:

- promuovere standard più elevati in Ricerca Operativa, fornendo un programma di formazione più ampio del mondo in Ricerca Operativa;
- consentire agli specialisti in Ricerca Operativa, di tenersi aggiornati con la pubblicazione di riviste di fama internazionale per diffondere gli ultimi sviluppi anche attraverso l'organizzazione di conferenze, nazionali ed internazionali in materia;
- dimostrare alla comunità più ampia i benefici, in termini di maggiore efficienza, miglioramento del servizio, che la Ricerca Operativa può portare alla società, per mezzo di pubblicazioni quali Issue Explorer e un pacchetto, scaricabile, di presentazione multimediale progettato per l'uso nelle scuole;
- permettere ai soci di trovare le informazioni di cui hanno bisogno nel loro lavoro mettendo a disposizione, in forma di ricerca, l'IAOR - Abstracts International in Operational Research [s16] - la gazzetta ufficiale di IFORS, che contiene un catalogo di documenti provenienti da ogni giornale che si occupa di Ricerca Operativa di tutto il mondo (la società gestisce anche una biblioteca che ha sede presso l'Imperial College di Londra);

- consentire ai soci di condividere il loro lavoro attraverso FreeXchange, che permette ai membri di condividere tra loro documenti come casi di studio, dispense, presentazioni relative a meeting e conferenze, fogli elettronici, set di dati (la condivisione del lavoro, conoscenze e competenze è ulteriormente favorita dalla società per mezzo di gruppi di interesse e le società regionali che organizzano incontri periodici aperti a tutti);
- sponsorizzare attività educative come scuola estiva per ricercatori, vari progetti di ricerca ad indagando il potenziale contributo della Ricerca Operativa alla pianificazione ambientale, l'uso di essa da parte di comunità o gruppi come cooperative edilizie;
- sostenere conferenze, corsi di formazione, gruppi di interesse, concessione di sovvenzioni ad una varietà di progetti realizzati nel perseguimento di scopi tra cui lo sviluppo di software multimediale per introdurre ai bambini delle scuole la Ricerca Operativa, la ricerca sui fattori che incidono positivamente sui successi e negativamente sui fallimenti in Ricerca Operativa, l'inchiesta per determinare come una formazione avanzata in Ricerca Operativa può essere sostenuta alla luce dei tagli dei finanziamenti governativi, lo sviluppo di materiali tutorial web-based su importanti aree di nuova domanda di Ricerca Operativa.

Per quanto riguarda gli studenti e in particolare coloro che decidono di diventare soci della società, essa offre una serie di vantaggi e benefici quali aiuto a trovare lavoro, libero accesso a riviste o casi studio, tre pubblicazioni elettroniche gratuite ad Inside Operational Research, Operational Research Insight

e Jòrs (il giornale della società), aiuto con tecniche, note, sconti su conferenze e corsi di formazione, iscrizioni a società regionali e/o gruppi di interesse. Questa offerta parte da un presupposto e da una considerazione della società - che dovrebbe essere propria per tutti gli stati europei e non europei - ovvero che ai nostri giorni la Ricerca Operativa è tutta intorno a noi, in ogni cosa che facciamo, dalle cose più semplici come comprare un biglietto aereo, a quelle più complesse come salvare vite o gestire un sistema di emergenze sanitario fino ad applicare giuste leggi in ambito politico. Senza la Ricerca Operativa quindi, il mondo moderno non avrebbe più alcuna garanzia. Per questo è importante educare e formare insegnanti, alunni già a partire dagli 11 anni, studenti universitari, manager d'impresa o della finanza in modo che ognuno nel suo ambito lavorativo sia in grado di prendere decisioni più efficaci e costruire sistemi più produttivi basati su dati più completi, esaminare tutte le opzioni disponibili, fare previsioni attente dei risultati e delle stime di rischio. Tutti quelli che per studio e/o lavoro si occupano di questa disciplina scientifica devono affrontare problemi diversi ma legati da due aspetti sostanziali.

Il primo è che in tutte le situazioni in cui c'è la Ricerca Operativa c'è anche la presenza di decisioni, obiettivi, vincoli che possono essere modellati matematicamente per mezzo di variabili, funzioni, disequazioni con i quali si andrà a risolvere i vari problemi.

Il secondo aspetto è che, a prescindere dalle dimensioni e dalla natura del problema lo scopo è sempre quello di modellare un problema decisionale, studiare metodi per calcolare le sue soluzioni e che siano efficaci ed efficienti anche in casi reali di grandi dimensioni. Maggiori informazioni riguardanti la Ricerca

Operativa sia per l'insegnamento che per la sua divulgazione sono disponibili in un sito, strettamente collegato alla società inglese di Ricerca Operativa, quale **Learn About Operation Research** che contiene una guida per chi vuol sapere cosa sia la Ricerca Operativa, a chi si rivolge, in che modo aiuta le organizzazioni e come si entra nella professione. Tale sito ha lo scopo di incoraggiare i giovani a studiare matematica e fornire agli insegnanti le risorse per contribuire ad insegnare gli argomenti relativi alla Ricerca Operativa.

4.2.2 Learn About Operation Research

Il sito [s17] è suddiviso per sezioni.

- **che cos'è la Ricerca Operativa e cosa può fare per noi:** la Ricerca Operativa viene definita come la disciplina che applica metodi analitici avanzati per prendere decisioni migliori. Utilizzando infatti tecniche come i metodi di strutturazione del problema e modelli matematici per analizzare situazioni complesse, essa dà ai dirigenti il potere di prendere decisioni più efficaci ed efficienti e costruire sistemi più produttivi basati tra l'altro su una previsione accurata dei risultati e stime di rischio avendo a disposizione strumenti e tecniche di ultima decisione. Ma cosa può fare la Ricerca Operativa per noi? A questa domanda e per spiegare nella maniera più chiara possibile l'aspetto principale della disciplina ovvero che essa può e deve essere utilizzata, con grandi vantaggi, per la pianificazione strategica, pianificazione operativa e di processo decisionale, il sito offre:

– *LA RICERCA OPERATIVA ALL'INTERNO DELLA VITA QUOTIDIANA*: anche se non si è grado di "vedere e toccare la Ricerca Operativa", essa ha portato miglioramenti evidenti e tangibili alle varie organizzazioni lavorative. A tal proposito per rispondere anche ad una domanda comune che viene posta a chi di Ricerca Operativa si occupa, per studio o lavoro, ovvero dove è usata e cosa può fare per noi, il sito offre 20 esempi, alcuni dei quali accompagnati da un video di spiegazione, di come la Ricerca Operativa è di grande aiuto nella vita reale e in situazioni quotidiane. Nel dettaglio, alcuni degli esempi che il sito riporta sono:

- **per il calcio inglese**: nello stilare l'indice Actim, il sistema ufficiale di valutazione di un giocatore della Premier League inglese e Coca-Cola Championship, permette di analizzare scientificamente le prestazioni del giocatore individuale o della squadra per più di una stagione o un periodo di tempo all'interno di una stagione dando ai tifosi una visione statisticamente robusta di chi è il migliore atleta o la migliore squadra;
- **per la Formula 1**: nella formulazione di complessi modelli matematici riguardanti la strategia di pit-stop che spesso è la variabile principale per il successo o fallimento di una e/o più gare di una stagione, essa aiuta a calcolare, ad esempio, che una certa auto, con gomme da bagnato, potrebbe recuperare il tempo perso nel pit-stop e di sorpassare un pilota che ancora sta usando gomme da asciutto;

- **per la costruzione di nuovi stadi:** la costruzione di un nuovo stadio sportivo può sembrare un progetto semplice ma una buona pianificazione con la Ricerca Operativa all'interno, è idonea a rendere che le cose vadano più agevolmente perché le sue tecniche sono eccellenti per aiutare gli sviluppatori dello stadio escogitare modi per garantire che gli spettatori entrano ed escono dal nuovo stadio in modo rapido e sicuro e, in particolare, a risolvere problemi quali i flussi di parcheggio, gestione delle folle e pedonale;
- **per una fabbrica:** la maggior parte delle fabbriche si occupano di prendere le materie prime e trasformarle in prodotti finiti che vengono acquistati dai loro clienti. Quello che può sembrare un progetto semplice, in realtà è molto complesso perché le materie prime possono provenire da ogni parte del mondo, gli ordini sono vari sia per quantità che per qualità e vengono fatti con largo anticipo. In tal caso la Ricerca Operativa aiuta perché utilizzando un modello di simulazione può rendere la gestione di questi aspetti molto più efficienti ed assicurare che gli ordini effettuati dai clienti vengono forniti in tempo;
- **nel nostro shopping:** nel momento in cui si effettua un acquisto in un supermercato o in un altro negozio e viene emesso lo scontrino, vengono "catturati" i dettagli di ciò che esattamente è stato comprato, in quali quantità e quando è stato effettuato l'acquisto. Si tratta, ovviamente, di informazioni molto detta-

gliate e potenzialmente preziose per i gestori del supermercato o del negozio perché possono essere utilizzate dai dirigenti e gestori per offrire alla clientela un servizio sempre migliore, facendo in modo che le cose che si vogliono acquistare siano sempre disponibili, evitando di andare a ricercare il bene mancante in un altro punto vendita. Inoltre occorre tener presente un altro obiettivo ovvero minimizzare i costi facendo ordini con i fornitori più accurati, riducendo così al minimo le quantità di beni rimasti invenduti alla data di scadenza. Una situazione di questo tipo, all'apparenza semplice, è in realtà molto complicata ma la Ricerca Operativa aiuta mettendo a disposizione potenti metodi analitici per impostare ad esempio il livello di stock richiesto di ogni elemento, calcolare con precisione la quantità di spazio sugli scaffali da assegnare a ciascun prodotto, mantenendo bassi i costi e così via.

- *ISSUE EXPLORER*: è una pubblicazione della società inglese di Ricerca Operativa che si occupa di spiegare le questioni più rilevanti ed i problemi più comuni, rivolta alla comunità imprenditoriale del Regno Unito. Esempi di problemi, suddivisi per argomento, presenti nel sito, consultabili e scaricabili, sono:
 - **Trasporto e stoccaggio**: sprecare spazio in camion e container costa un sacco di soldi. Come la ricerca operativa può tagliare costi di trasporto e stoccaggio?
 - **Revenue Management**: elevati costi fissi? Bassi costi variabi-

- li? Abbastanza capacità fissa? Mercato altamente competitivo?
Come si possono migliorare i profitti?
- **Fusioni ed acquisizioni:** un terzo delle fusioni e acquisizioni ha esito negativo ed un altro terzo non conferma le aspettative dei partner di fusione. Come si può essere certi della forma migliore possibile?
 - **Gestione della conoscenza:** il turnover del personale è un problema crescente. Si sfrutta al massimo le competenze presenti nell'azienda?
- *CASI DI STUDIO:* decine di storie di successo, descrizione di situazioni reali e di come la Ricerca Operativa aiuta a migliorare la gestione delle aziende di ogni tipo e dimensione, sono disponibili al sito gemello Operations Research, The Science Of Better [s1] e in questa tesi riportato al capitolo 3;
- *ARTICOLI DI RIVISTE SCIENTIFICHE:* in questa parte sono inclusi articoli di Ricerca Operativa tratti dalle due pubblicazioni della società, Inside OR e OR Insight. Il primo, il cui vecchio nome era OR Newsletter, contiene al suo interno notizie su eventi attuali in Ricerca Operativa, prossime riunioni, conferenze e corsi di formazione, premi e riconoscimenti che sono disponibili, articoli di interesse per la comunità di Ricerca Operativa. Essi coprono un'area molto vasta di materiale tra cui recensioni di software, articoli introduttivi su tecniche particolari di Ricerca Operativa, relazioni sullo stato della professione e gli sviluppi in esso, articoli sulla storia della Ri-

cerca Operativa. Il secondo invece, OR Insight, vuole essere una pubblicazione interessante e stimolante che fa appello non solo a professionisti e consulenti di Ricerca Operativa ma anche a manager e a coloro che desiderano saperne di più su questa scienza nella pratica. Si propone di informare della portata e potenzialità della Ricerca Operativa, degli sviluppi nei settori connessi e di pubblicare descrizioni di progetti inerenti la Ricerca Operativa, di successo o meno con un'approfondita analisi dei risultati (*Sono stati utili? Se sì perché? Se no come si sarebbero potuti migliorare?*), dei vari processi, strutturazione dei problemi comprendente definizione, formulazione, implementazione, consulenza ed infine casi studio, analisi di esperienze sfortunate da cui trarre lezioni costruttive. Ritornando agli articoli tratti dalle due riviste ed inserite nella sezione "articoli di giornale", alcuni di essi sono di argomento specifico, altri di interesse più generale. Questa piccola biblioteca di articoli spazia, come argomenti trattati, dall'agricoltura al controllo del traffico aereo, dalla consulenza alla raccolta di dati, dalla difesa alla stima della domanda, dall'ambiente ai modelli di previsione, dalla sanità fino alla storia della Ricerca Operativa. Inoltre inventario, manutenzione, reti neurali, ottimizzazione, polizia, sicurezza, programmazione, sport, trasporto e molti altri ancora. Selezionando ognuno di questi argomenti, il sito rimanda ad una pagina dove sono inseriti tutti gli articoli riguardanti quello specifico argomento, fornendo, per ognuno di essi, il titolo, da dove proviene (OR Insight oppure Inside OR) e la

data di pubblicazione e quindi consultarlo come meglio si preferisce;

- **Insegnanti:** in questa sezione del sito, gli esempi e i materiali proposti sono concepiti per aiutare gli insegnanti nella loro attività didattica ai vari livelli di istruzione, fornendo alcuni buoni esempi di matematica utilizzata per aiutare a risolvere situazioni inerenti e presenti nel "mondo reale" o come una carriera interessante e gratificante. Vengono quindi offerti:

– *MATERIALE DIDATTICO:* vengono presentati 10 problemi che coprono gli argomenti tipici della Ricerca Operativa, sviluppati a supporto dell'attività didattica del docente e sono:

- **Problema del commesso viaggiatore - Travelling Salesman Problem (TSP);**
- **Programmazione lineare - Linear Programming;**
- **Minimo albero ricomprensivo - Minimum Spanning Tree;**
- **Algoritmo di Dijkstra - Dijkstra Problem;**
- **Matching;**
- **Problema del postino cinese o di route inspection - Route Inspection Problem;**
- **Analisi del percorso critico - Critical Path Analysis;**
- **Problema di flusso - Flows Problem;**
- **Problema della planarità - Planarity;**
- **Bin Packing.**

- Ognuno di questi problemi sono accompagnati da una presentazione in Power Point, note di approfondimento per l'insegnante, esercizi da proporre agli alunni in due versioni, completa e breve e un suggerimento di soluzione per entrambe le versioni degli esercizi, con l'obiettivo di fornire "spunti didattici". Dovrà poi il singolo insegnante adattare il materiale proposto ed offerto a seconda delle esigenze specifiche della classe di insegnamento e modificarlo, di conseguenza, per le proprie necessità e bisogni. Per ognuna delle lezioni, la presentazione descrive il problema in maniera formale spiegando la situazione da tradurre poi in modello matematico per essere risolto, nelle note per i docenti vengono invece forniti dei suggerimenti utili sia nella fase di introduzione e spiegazione del problema in classe (ad esempio delle domande da sottoporre agli alunni dopo una certa slide) sia nella fase di risoluzione del problema (tempo mediamente necessario per identificare la soluzione nell'ipotesi che gli studenti lavorino in gruppo o da soli) fino alla fase di discussione e feedback in classe.
- *FILM SULLA RICERCA OPERATIVA*: nel sito è presente un link che rimanda ad un film sulla Ricerca Operativa che si può scaricare o richiedere, gratuitamente, su DVD. Si tratta di uno strumento messo a disposizione non solo per gli insegnanti del Regno Unito che mette in evidenza una vasta gamma di applicazioni di "vita reale" prodotte dalla Ricerca Operativa. Utilizzare e divulgare questo film significa aiutare gli insegnanti a sottolineare e spiegare agli alunni

che esistono motivi reali a studiare matematica. Uno dei motivi per cui andrebbe divulgato tale DVD è che le applicazioni descritte riguardano aziende o compagnie di un certo spessore. Partendo dalla domanda " *What is O.R.?*" vengono descritti i seguenti casi riguardanti la Ricerca Operativa nei trasporti, nel settore manifatturiero, nello sport, all'interno del governo e nelle catene di fornitura:

- **British Airways**, compagnia aerea molto all'avanguardia nell'uso della Ricerca Operativa dove scegliere un volo, un orario o reperire qualsiasi altra informazione è facile ed accessibile a tutti per cui negli ultimi anni i dirigenti hanno investito molto nello sviluppo di questa disciplina nella loro compagnia;
- **Crown Paints**, uno dei principali produttori di vernici dove tutto viene accuratamente scelto e lavorato creando più diverse risposte alle tante domande da parte di ogni tipologia di cliente;
- **Stadio dell'Arsenal (Emirates Stadium)**, dove una strategia globale dei trasporti ha contribuito a ridurre significativamente il numero di persone che utilizzano l'auto per arrivare allo stadio grazie al contributo della Steer Davies Gleave la quale, sfruttando le più accurate tecniche di Ricerca Operativa, ha svolto un ruolo importante nel fornire consulenza per la pianificazione, progettazione e realizzazione di tutti i trasporti. Tutto ciò combinando tutti gli elementi che bisognava tener presente: il flusso di folla del nuovo stadio, analisi del piano di evacuazione di emergenza, valutazioni di trasporto per tutti i siti

dello stadio, analisi della capacità di trasporto pubblico, infrastrutture di pianificazione e progettazione, coach, parcheggio e le modalità di manutenzione, wayfinding strategia e programma di monitoraggio ambientale [s18];

- **Formula 1 Racing Team**, con lo studio di una strategia di pit stop dove la Ricerca Operativa viene utilizzata per mettere a punto motori sempre migliori, più potenti e sicuri e sviluppare vere e proprie strategie di gara;
- **National Health Service - NHS**, il sistema sanitario nazionale in vigore nel Regno Unito deve gestire i ricoveri nel settore ospedaliero e quindi migliorare il flusso di pazienti attraverso un'appropriata comprensione della distribuzione dei ricoveri d'urgenza (emergenza) e d'elezione (ordinari o programmati). Questi compiti possono essere migliorati, a livello di efficienza, applicando metodi di Ricerca Operativa come simulazione di eventi discreti o teoria delle code per far sì che quando i pazienti arrivano in ospedale, le cose siano più brevi possibili in modo che i medici possano dare il trattamento di cui hanno bisogno quando ne hanno bisogno;
- **Government Operational Research Service (GORS)**, dove il servizio di Ricerca Operativa del governo, impiegando circa 400 analisti, supporta attualmente la politica, le strategie e le operazioni in molti diversi dipartimenti e agenzie di tutta l'Inghilterra ed aiutano a rispondere a domande tipiche di ogni go-

verno quali come possiamo misurare e migliorare la qualità del servizio in educazione, salute, sicurezza sociale e altri uffici pubblici? Quanto sovvenzione verrà richiesta il prossimo anno per creare nuovi posti di lavoro nel settore? Come possiamo paragonare il valore relativo della spesa pubblica su strade, sanità e istruzione?;

- **Waverley TBS**, fornitore leader del Regno Unito di bevande di qualsiasi settore, utilizza i modelli matematici, messi a punto dalla Ricerca Operativa per stilare previsioni di vendita che servira' poi ad ordinare magazzino da parte dei fornitori; questa riserva arrivera' poi ai magazzini che vanno gestiti fino a quando la fornitura non arriva ai clienti finali.

– *ALTRE RISORSE:*

- **richiesta di una visita scolastica:** tramite il sito è possibile invitare, nella propria scuola, un professionista di Ricerca Operativa, proveniente da qualsiasi ambito didattico o lavorativo (trasporti, produzione, sport, governo) ed organizzare un incontro in classe, per migliorare e ispirare, come suggerisce il sito stesso, l'interesse degli studenti, promuovere l'entusiasmo ed incoraggiare l'apprendimento in matematica, perché egli genera' un'atmosfera di interesse da parte degli alunni che avranno di fronte non un professore loro e sarà in grado di aprire gli occhi su un mondo, appunto la Ricerca Operativa, in cui la matematica viene utilizzata ogni giorno, in maniera emozionante e inusuale

e gli studenti avranno modo di vedere che gli elementi di matematica pura da essi studiati, sono applicati per rispondere a problemi di tutti i giorni (ad esempio le disuguaglianze e la rappresentazione di una retta vengono utilizzate in programmazione lineare per risolvere problemi di ottimizzazione);

- **gestione dei problemi strategici:** il link rimanda ad un sito [s19] della società inglese di Ricerca Operativa, riguardante la gestione appunto di problemi strategici, Handling Strategic Problems, le cui pagine aiuteranno a conoscere il modo di affrontare problemi complessi in modo strutturato e razionale. Si tratta di un ampio insieme di pagine web che mostrano casi studio e le metodologie consigliate con lo scopo di di essere una risorsa per aiutare l'insegnamento e l'apprendimento di metodologie che rientrano sotto il settore "Soft-OR" ². Attualmente nel sito sono presenti due casi studio, uno progettato per far conoscere la Soft Systems Methodology (SSM) e l'altro per far conoscere Journey Making (JM). Ciascun caso di studio è composto da due caratteristiche principali quali materiali del caso, documenti e altre informazioni relative alla situazione del problema percepito e un processo suggerito, progettato per fornire una panoramica di ogni metodologia;

²Il termine soft nella definizione "Soft OR" non è inteso nel senso letterale del termine ovvero morbido di testa, irrazionale o privo di rigore, ma in questo caso, ha lo scopo di trasmettere lo status di approccio interpretativi e qualitativi, in contrasto e come complemento ad metodi quantitativi, ovvero "hard OR".

- **guida approfondita:** i link inseriti portano a risorse scritte da membri della società di Ricerca Operativa e sono Data Warehousing e Business Intelligence (questa risorsa è stata scritta per aiutare i membri della comunità di Ricerca Operativa e i potenziali clienti ad acquisire una buona conoscenza di base del data warehousing e per fornire collegamenti ad altre utili fonti di informazione), Knowledge Management (questa sezione dettagliata riunisce alcuni dei concetti principali che hanno costituito la base di ricerca, discussione e sviluppo di progetti di Knowledge Management organizzativa) ed i fondamenti di Revenue Management (questa risorsa è stata scritto per aiutare ad acquisire una buona conoscenza di base della gestione del rendimento);
- **tutor:** questa sezione rimanda ad un sito denominato tutOR [s20] del gruppo di Ricerca Operativa del dipartimento di matematica e statistica dell'Università di Melbourne, in Australia. Si tratta del sito più ampio e innovativo di Ricerca Operativa nel suo genere che si pone come obiettivo quello di sviluppare un approccio globale e fornire una guida on-line per la Ricerca Operativa che, tradotto in termini pratici significa tre tipi di attività ovvero sviluppo di moduli - tutorial per argomenti specifici di Ricerca Operativa (programmazione lineare e dualità, teoria dei giochi, programmazione dinamica, teoria dei grafi, problema di decisione in condizioni di incertezza, analisi della sensitività, Branch e Bound..);

- **note di Ricerca Operativa:** si tratta di una serie di note introduttive su argomenti che rientrano nel campo della Ricerca Operativa, suddivise per argomenti introduttivi, argomento deterministico, argomento stocastico, esercitazioni e tutorial, progettati per dare agli studenti una certa pratica in semplici problemi di Ricerca Operativa;
 - **storia della Ricerca Operativa:** in questa parte viene inserito un breve riassunto di come essa è nata (per motivi bellici), quando (durante la seconda guerra mondiale) e dove (in Gran Bretagna) con la possibilità di approfondire la questione consultando, anche on line l'unico archivio ufficiale nazionale di Ricerca Operativa, istituito e finanziato dalla società inglese di Ricerca Operativa con sede presso il Centro Records all'Università di Warwick [s21].
- **Studenti:** per spiegare nei particolari in cosa si differenzia l'attività didattica rivolta agli studenti, il materiale didattico, gli obiettivi e gli strumenti che l'insegnante dovrebbe assumere nell'attività formativa, il sito individua quattro fasce: studenti dagli 11 ai 14 anni, dai 14 ai 16, oltre i 16 anni e studenti universitari.
 - *11 - 14 ANNI:* spiegare in termini specifici e tecnici cosa sia la Ricerca Operativa ad uno studente di 11 anni non è facile perché ovviamente, non ha conoscenze sufficienti in materia. Questo però non esclude che si possa iniziare a lavorare con la Ricerca Operativa già da bambini, in modo semplice, senza mai perdere di vista la loro età

ma in modo accurato e puntuale così da farli familiarizzare, fin dai primi anni delle scuole medie di primo grado con questa scienza. In che modo? Il sito focalizza l'attenzione su tre aspetti (tre domande) da trasferire agli studenti: che cos'è, dove si utilizza e com'è nata. Il materiale presente, per rispondere a questa domanda, è lo stesso già fornito per la parte relativa agli insegnanti. L'unica differenza riguarda la domanda "dove si usa la Ricerca Operativa". In questa parte troviamo riportati esempi di come la Ricerca Operativa aiuta e si trova all'interno della nostra vita quotidiana; esempi già descritti (nel completo) nella sezione "la Ricerca Operativa all'interno della vita quotidiana" ma dei 20 esempi totali ora ne sono proposti 11. Considerando l'età degli alunni cui ci si rivolge in questa sezione, ovvero dagli 11 ai 14 anni, la selezione degli esempi proposti segue un criterio semplice: catturare l'attenzione e suscitare l'interesse nel seguire la spiegazione. Come? Proponendo esempi aventi argomenti a loro noti quali calcio, F1, gli sport in generale o la tecnologia come i navigatori satellitari. Nel dettaglio infatti sono inseriti la Ricerca Operativa all'interno del pit lane di F1, del calcio inglese, delle partite di calcio, di una giornata di cricket, del navigatore satellitare, di nuovi stadi oltre a quelli più generici quali all'interno dello shopping, di un'ambulatorio medico, di una compagnia aerea a basso costo e della misura di un'impronta di carbonio (carbon footprint ³). Per

³A "carbon footprint" misura il totale delle emissioni di gas serra causate, direttamente e indirettamente, da una persona, un'organizzazione, un evento o un prodotto. L'impronta considera tutti e sei i gas ad effetto serra Protocollo di Kyoto: anidride carbonica (CO₂), metano (CH₄),

ognuno di questi esempi viene data una breve descrizione di come e perché la Ricerca Operativa si trova all'interno di quella particolare situazione o luogo senza scendere troppo nel dettaglio;

- *14 - 16 ANNI*: quello che il sito propone per gli alunni dagli 11 ai 14 anni, lo troviamo anche in questa sezione (in particolare quello relativo a che cos'è la Ricerca Operativa e la sua storia) ma salendo con l'età degli studenti a cui il sito si rivolge, viene aggiunto altro materiale. In particolare una parte denominata dadi e bulloni della Ricerca Operativa. Per iniziare a far lavorare gli studenti con la Ricerca Operativa e quindi affrontare i problemi, capire di che si tratta per poi risolversi, vengono proposti i 10 problemi, già visti nella sezione dedicata agli insegnanti, ovvero problema Travelling Salesman Problem (TSP), Programmazione lineare - Linear Programming, Minimum albero ricomprensente - Minimum Spanning Tree, Algoritmo di Dijkstra - Dijkstra Problem, Matching, Problema del postino cinese o di route inspection - Route Inspection Problem, Analisi del percorso critico - Critical Path Analysis, Problema di flusso - Flows Problem, Problema della planarità - Planarity e Bin Packing. Per ognuno viene fornita la presentazione in Power Point, le note per gli insegnanti

protossido di azoto (N₂O), idrofluorocarburi (HFC), perfluorocarburi (PFC) ed esafluoruro di zolfo (SF₆). Un'impronta di carbonio viene misurata in tonnellate equivalenti di anidride carbonica (tCO_{2e}). L'equivalente di anidride carbonica (CO_{2e}) permette ai gas ad effetto serra diversi per essere confrontati a perimetro base omogenea rispetto a una unità di CO₂. CO_{2e} viene calcolata moltiplicando le emissioni di ognuno dei sei gas ad effetto serra da 100 anni il suo potenziale di riscaldamento globale (GWP).

- e gli esercizi già visti, nel dettaglio, in precedenza tranne il file riguardante la soluzione proposta, com'è normale che sia. Oltre a ciò vengono date le prime informazioni e/o suggerimenti per una carriera inerente la Ricerca Operativa dando modo, tramite un link, di visualizzare un elenco di atenei che offrono corsi di laurea in Ricerca Operativa e/o con contenuti di Ricerca Operativa nella pagina Undergraduate Degree Courses. Malgrado la giovane età degli alunni, per i quali sarebbe prematuro parlare di università, per la società inglese è bene capire ed informarsi su cosa sarà necessario studiare per la carriera che si desidera perseguire ed è importante continuare a studiare matematica per ottenere un A-Level⁴ o di grado superiore in matematica o di una qualifica equivalente;
- *ED OLTRE 16 ANNI*: in queste pagine si trova, di nuovo, una breve definizione di che cosa sia la Ricerca Operativa, il film sulla Ricerca Operativa, che mostra compagnie, persone ed aziende che hanno risolto problemi del mondo reale grazie alla Ricerca Operativa è descritto nella sezione relativa agli insegnanti. Se nulla di tutto ciò sembra interessante, vengono incluse alcune note sul tipo di

⁴Il livello avanzato del diploma di istruzione - The Advanced Level General Certificate of Education, comunemente indicato come un A-level, è una qualifica offerta da istituti di istruzione in Inghilterra, Irlanda del Nord, Galles, Camerun e Isole Cayman. E' offerta anche in Scozia da un ristretto numero di istituti scolastici, tipicamente privato a pagamento nelle scuole, dove gli studenti normalmente devono prendere il Scottish Qualifications Certificate Higher e Advanced Higher . A-level sono studiati per un periodo di due anni e sono ampiamente riconosciuti in tutto il mondo, oltre ad essere la qualificazione standard per valutare l'idoneità dei candidati per i corsi universitari in lingua inglese, università irlandesi e gallesi del Nord.

corsi A-level che sarebbe utile se si pensa che la Ricerca Operativa potrebbe essere adatta ad un approfondimento futuro. Oltre alla pagina Undergraduate Degree Courses ce ne è un'altra denominata Postgraduate Degree Courses, la quale contiene un elenco di atenei (Aston University, Birkbeck College- University of London, Cardiff University, Cranfield University, University College Dublin, University of Edinburgh, University of Essex, University of Kent, Lancaster University, London School of Economics, University of Manchester, University of Southampton, University of Strathclyde, University of Warwick, University of the West of England, University of Westminster) che offrono corsi di laurea e post-laurea in Ricerca Operativa o con contenuti di Ricerca Operativa previsti per chi decidesse di iscriversi ad un corso di laurea con pochi o nessun contenuto di Ricerca Operativa e che, successivamente, decida di prendere in considerazione l'ipotesi di un master in Ricerca Operativa una volta che si sono laureati o abbiano iniziato a lavorare. Inoltre c'è anche una sezione, carriera in Ricerca Operativa, che presenta il profilo di persone che lavorano nel campo della ricerca operativa e spiegata dettagliatamente, nella pagine successive di questo contributo ⁵;

– *STUDENTI UNIVERSITARI E CARRIERE IN RICERCA OPERATIVA*: le notizie inserite in queste pagine sono destinate a chi deve compiere la scelta universitaria e/o a chi è già all'università ma pensa

⁵Per ulteriori informazioni sui diversi tipi di carriera che lo studio della matematica può portare, si può visitare il sito Maths Careers [s22].

seriamente ad una possibile carriera in Ricerca Operativa. A seguito del percorso didattico incentrato sulla Ricerca Operativa, iniziato nei primi anni delle scuole superiori, in alcuni studenti potrebbe nascere la passione ed avere il piacere di continuare a studiarla ma non si è sicuri di come è possibile farne uso in una probabile carriera lavorativa. Rispondere a questa e ad altre domande è quello che il sito fa mettendo a disposizione tutte le informazioni di cui si potrebbe aver bisogno. Una carriera in Ricerca Operativa sarebbe interessante, stimolante e gratificante e chi se ne occupa svolge una professione in cui iniziativa, creatività ed entusiasmo sono altrettanto importanti quanto la capacità tecnica e la conoscenza teorica. Come messo in evidenza dal film su cosa sia la Ricerca Operativa, sempre più aziende tendono ad assumere persone con un background di Ricerca Operativa da affidare a reparti come la produzione, commercializzazione o gestione del magazzino. A tal proposito per maggiore chiarezza, le linee guida suggerite nelle pagine del sito riguardano presentazioni di casi di studio ovvero di aziende che impiegano la Ricerca Operativa nel loro lavoro e di persone che hanno costruito le loro carriere, lavorative e/o di insegnamento in Ricerca Operativa. Alcuni di essi sono:

- **Mark Bryant**: impiegato dal Gruppo Lanner, una società di consulenza specializzata in simulazione con un lavoro che varia in una vasta gamma di settori, alcuni dei quali più recenti includono lo sviluppo di uno strumento per attivare un grande centro

chiamato a gestire le proprie esigenze di personale per soddisfare entrambi i requisiti, finanziari e di personale, pur mantenendo i livelli di servizio, aiutare il sistema nazionale sanitario, NHS, ad identificare le opportunità per ridurre le liste d'attesa e gestire i flussi di pazienti in modo più efficace;

- **Martin Fairweather:** impiegato al PA Consulting Group (azienda leader nella gestione globale e consulenza IT, tecnologia, innovazione dell'organizzazione con competenze specialistiche attraverso la difesa, energia, servizi finanziari, pubblica amministrazione e servizi pubblici, sanità, beni di consumo, telecomunicazioni, trasporti, logistica e una conoscenza generale del business) ed i progetti da lui completati comprendono l'analisi della profittabilità dei clienti per una grande multi-nazionale fornitore di pensione e modelli finanziari per un grande regolatore dei mercati internazionali, aiutandoli a comprendere le dinamiche di mercato, gestione della liquidità, i giocatori chiave e le questioni di regolamento;
- **Andy Harper:** lavora presso la Home Group Littlewoods Shopping (azienda con sede a Liverpool che ha uno dei più grandi dipartimenti interni Ricerca Operativa nel Regno Unito le cui aree di progetto principali includono operazioni e distribuzione, strategia Merchandising, Credit Management e Marketing) ed i progetti a cui ha lavorato includono la costruzione di un albero di decisione per consentire una selezione più redditizia

dei clienti esistenti, l'analisi sul modo in cui vengono selezionate le persone per le spedizioni di reclutamento e la previsione del comportamento futuro sistema di scambio di clienti;. . . .

Oltre a ciò, se si sta studiando per una laurea con limitati contenuti di Ricerca Operativa, si può prendere in considerazione l'ipotesi di ulteriori studi con master specializzato in Ricerca Operativa, apprezzato dalle varie aziende - grandi e piccole, pubbliche e private, con o senza scopi di lucro - perché unisce il pensiero logico di un matematico con competenze di business pratico. Gli studenti avranno modo di imparare una serie di tecniche come la simulazione al computer, l'ottimizzazione, la teoria delle code, controllo del magazzino e metodi di strutturazione del problema con un buon equilibrio tra il lavoro teorico e l'applicazione di queste tecniche, attraverso anche, casi di studio e progetti che possono richiedere, tra l'altro, di lavorare con un'organizzazione su un problema del mondo reale ⁶.

⁶Ci sono molti altri programmi di laurea che includono elementi di Ricerca Operativa. I dettagli si possono trovare al sito UCAS - University & Colleges Admissions Service [s23] - un'organizzazione responsabile della gestione delle applicazioni di quasi tutti i corsi di laurea presso le università del Regno Unito e nei college.

Capitolo 5

La divulgazione della Ricerca Operativa in Italia

5.1 AIRO

In Italia chi si occupa di promuovere e diffondere la conoscenza della Ricerca Operativa è l'**AIRO** [s24] ¹. AIRO in greco antico significa alzarsi, sollevarsi, innalzarsi: quale migliore denominazione per un'associazione come quella italiana di Ricerca Operativa che vuole promuovere la cultura dell'ottimizzazione o programmazione matematica coinvolgendo anche gli studenti delle

¹4OR è la rivista ufficiale dell'associazione, pubblicata assieme alle associazioni nazionali di Ricerca Operativa belga e francese. Essa contiene lavori di tipo metodologico ed applicativo. Il notiziario AIROnews ospita rubriche e notizie sull'attività dell'Associazione, informazioni e scadenze concernenti convegni, incontri e seminari organizzati in Italia ed all'Estero. È sede di discussioni sulle problematiche della Ricerca Operativa in Italia e nel mondo e di articoli di fondo sulle più recenti tematiche di Ricerca Operativa. Viene pubblicato ogni tre mesi ed è disponibile on-line.

scuole superiori in gare di alto livello? ². La Ricerca Operativa viene applicata nella logistica, nei trasporti, nella finanza, nella gestione delle risorse umane e dei servizi sanitari, nelle telecomunicazioni, nello scheduling, nella progettazione industriale, in data mining, in bio-informatica e per questo destinata ad assumere un ruolo sempre più importante nella società dell'informazione, costituendo il collegamento per effettuare il passaggio dalle informazioni alle decisioni. Se le tecnologie informatiche mettono a disposizione quantità sempre maggiori di dati reperibili ed aggiornabili in tempi sempre più rapidi, ciò richiederà sempre più la capacità di sfruttare al meglio tali informazioni, per essere poi tradotte in decisioni efficaci, efficienti, robuste e tempestive. Pertanto è indispensabile che nella formazione tecnico-scientifica delle giovani generazioni la Ricerca Operativa abbia un ruolo adeguato. L'AIRO si propone di sviluppare in Italia la Ricerca Operativa e le sue applicazioni. A tal fine, con riferimento a tale disciplina:

- ne promuove e incoraggia la diffusione e l'insegnamento, in particolare attraverso i corsi di Ricerca Operativa;
- si adopera per il riconoscimento del ruolo e della qualificazione professionale del ricercatore operativo;
- cura lo scambio di informazioni e le relazioni fra i vari enti che coltivano tale ordine di studi e di applicazioni, anche mediante la stipula di convenzioni con tali enti e la partecipazione a organismi internazionali;

²Sergio Casiraghi: formatore di formatori, ex-docente di informatica e matematica, ICT e-Tutor, Knol Author Recruitment.

- promuove specifiche pubblicazioni di carattere scientifico e divulgativo della materia;
- promuove congressi, seminari e workshop;
- favorisce la ricerca scientifica e la costituzione di gruppi e progetti di ricerca;
- cura le relazioni con EURO e IFORS delle quali fa parte.

L'AIRO ha oltre 400 soci, rappresentanti di Università, Centri di Ricerca e aziende e fornisce servizi ed informazioni agli utenti ed agli studiosi di Ricerca Operativa e si occupa di formazione e divulgazione della Ricerca Operativa in Italia.

5.2 L'esperienza presso l'Università degli Studi di Milano

Frequentemente ci si è interrogati sulle motivazioni che portano ad un ridotto utilizzo dei metodi quantitativi propri della Scienza delle Decisioni e della Ricerca Operativa nelle aziende italiane, se paragonate ad altre realtà internazionali con grado di industrializzazione simile al nostro. Accanto alle motivazioni più generiche, quali inadeguatezza della preparazione scientifica di base, debolezza delle strutture universitarie e scarsa attitudine del carattere nazionale ai processi decisionali formalizzati, ha cominciato a prendere forma la convinzione che tra le cause di questo minore utilizzo sia doveroso iscrivere anche la mancanza di strumenti in grado di mettere in comunicazione la domanda di

Ricerca Operativa, espressa in modo spesso implicito dalle aziende nazionali, e l'offerta di Ricerca Operativa, certamente vasta e variegata, fornita dai moltissimi dipartimenti, laboratori universitari e centri di ricerca [8].

Lo scarso sviluppo che attualmente essa ha in Italia è da ricollegarsi, con alta probabilità, ad una scarsa o mancata conoscenza nel mondo del lavoro e scolastico mentre l'ideale sarebbe una sua diffusione a partire dai primi anni delle scuole superiori di secondo grado. In questo ambito di tesi risulta importante e rilevante l'esperienza intrapresa qualche anno fa dall'Università degli Studi di Milano nella conoscenza, nello sviluppo e diffusione della Ricerca Operativa nelle scuole, rivolgendosi sia agli alunni che agli insegnanti.

Tra tutti i docenti dei vari dipartimenti e centri universitari collegati all'Università di Milano, decisivo è stato il contributo di Giovanni Righini che ha raccolto e messo a disposizione nel suo sito web [s25] materiale didattico riguardante l'insegnamento della Ricerca Operativa nella scuola, soprattutto per la scuola secondaria superiore. Questo materiale didattico è stato ideato e realizzato in parte come effetto collaterale del corso di Ricerca Operativa che insegna presso la sede di Crema dell'Università degli Studi di Milano dall'a.a. 1999-2000 e in parte specificamente in seguito ad un corso di perfezionamento in Didattica della Ricerca Operativa organizzato nel 2007 dalla stessa Università in collaborazione con l'IRRE, Istituto Regionale di Ricerca sull'Educazione, della Lombardia.

Nel documento " *Perché si dovrebbe insegnare Ricerca Operativa nelle scuole?*" [9], avendo avuto modo di compiere alcuni esperimenti di introduzione della Ricerca Operativa nelle scuole superiori, in tipi di istituto diversi e

con modalità diverse, Giovanni Righini classifica le sue esperienze in quattro categorie, indicando vantaggi e/o svantaggi:

- **presentazione della Ricerca Operativa presso le scuole:** si tratta di un seminario di un'ora o due da lui svolto, con l'obiettivo di far conoscere agli alunni e ai loro insegnanti che esiste una disciplina importante ma ancora nascosta che si chiama Ricerca Operativa, che si applica a tanti ambiti diversi e che segue un metodo scientifico basato sull'uso di modelli matematici e algoritmi. Per quanto riguarda l'introduzione e la presentazione della Ricerca Operativa agli alunni lui utilizza molto la parola "gioco", inteso non nel senso ludico del termine ma nel senso di apprendimento di nozioni tramite, ad esempio, l'uso di Excel e di solutori con i quali i concetti di variabile, funzione obiettivo e vincolo vengono assimilati immediatamente, come regole di un gioco appunto; da lì al concetto di modello matematico il passo è breve e senz'altro di più facile trattazione per gli insegnanti;
 - *vantaggi:* questa attività tra tutte è senz'altro la meno dispendiosa in termini di tempo e di sforzo ed è preliminare a qualunque altra, costituisce il punto di partenza per far interessare gli insegnanti e per pianificare poi con loro le eventuali attività successive, non stravolge molto l'orario scolastico, non richiede lavoro supplementare agli insegnanti, offre agli studenti un diversivo sempre gradito e lusinga i presidi perché possono vantare per la loro scuola collaborazioni con l'Università;
 - *svantaggi:* per questa attività gli svantaggi non sono stati riscontrati.

- **corso di formazione per gli insegnanti:** nel mese di maggio del 2005, Righini ha svolto un breve corso di otto ore rivolto a sei tra insegnanti e tecnici di laboratorio ITC di un ITIS ad indirizzo informatico con argomenti delle lezioni quali il metodo della Ricerca Operativa, i modelli matematici con variabili continue, intere, binarie e l'uso delle variabili binarie per tradurre relazioni logiche, passaggio dai modelli su "carta" al Solver di Excel, esercizi ed esempi, cenni ai grafi come strumenti modellistici ed agli algoritmi di ottimizzazione su grafo, alcuni consigli su come insegnare la Programmazione Lineare ... ;
 - *vantaggi:* il rapporto costi-benefici a lungo termine dovrebbe rivelarsi molto vantaggioso perché i corsi raggiungono gli insegnanti e quindi potenzialmente tutti i loro studenti;
 - *svantaggi:* i margini di manovra degli insegnanti presso le loro scuole sono comunque limitati.

- **attività svolta dagli studenti presso la loro scuola durante l'anno:** si è trattata, quella di Righini, di una sola esperienza nell'anno scolastico 2004-05 dove un gruppo di studenti del quinto anno di un liceo tecnologico ha lavorato sotto la sua guida e della loro insegnante di matematica circa 50 ore, distribuite lungo l'anno scolastico, nell'ambito della cosiddetta "area di progetto", ovvero un monte-ore annuale che gli studenti dedicano ad argomenti di loro interesse anziché alle materie curriculari e che spesso, a detta degli insegnanti, si riduce ad una colossale perdita di tempo, in cui gli argomenti più improbabili vengono affrontati senza la minima cognizione metodologica. Per questo motivo la proposta

di dedicare queste ore ad un'iniziativa di sicuro valore formativo che per di più coinvolgeva l'Università è stata ben vista da parte degli insegnanti. Dopo aver mostrato alcuni esempi, Righini ha chiesto agli studenti di formulare matematicamente alcuni problemi di ottimizzazione, prendendo spunto dal materiale che loro stessi avevano raccolto da Internet dopo il suo seminario iniziale;

- *vantaggi*: gli alunni hanno imparato a risolvere problemi con modelli matematici e il foglio elettronico, hanno appreso con interesse dell'esistenza del Solver di Excel ed hanno lavorato anche autonomamente, facendo ricerche su siti di Ricerca Operativa che li hanno comunque immersi nel mondo della Ricerca Operativa; vantaggi ottenuti anche grazie al ruolo dell'insegnante che deve essere una persona già "formata" ed entusiasta della Ricerca Operativa;
 - *svantaggi*: mancava un'applicazione, un "case study" e quindi il lavoro è risultato troppo astratto; inoltre l'attività ha raggiunto un numero limitatissimo di studenti, 6 per la precisione, il che non compensa a sufficienza il tempo speso per la preparazione delle lezioni e del materiale.
- **stage di studenti presso l'Università**: svolta nel febbraio del 2006 con 25 studenti di un liceo scientifico, articolata su quattro pomeriggi full-time per un totale di circa 16 ore. L'iniziativa è stata facilmente approvata in sede di dipartimento poiché rispondeva molto bene alla necessità di orientamento-reclutamento, ed è stata ben gradita alla direzione della scuola, ripagata da un significativo ritorno di immagine, agli

studenti stessi, incuriositi e lusingati dal fatto di accedere ai laboratori dell'Università;

- *vantaggi e svantaggi*: lo stage è stato valutato positivamente. Tuttavia sono emersi anche alcuni aspetti critici, essenzialmente riconducibili alla difficoltà di affrontare una materia nuova e non banale con lezioni concentrate in tempi ristretti. Questo conferma che è importante che uno stage di questo genere sia riservato a studenti bravi e motivati, selezionati dai loro insegnanti e che abbiano già maturato un minimo di background in Ricerca Operativa. Ciò è possibile solo se gli insegnanti possono far lavorare i loro alunni sull'argomento durante l'anno, il che ripropone il problema principale della formazione degli insegnanti.

Nel documento "*Come si dovrebbe insegnare la Ricerca Operativa nelle scuole?*", Giovanni Righini risponde a questa domanda fornendo, nel suo sito, quattro file dal titolo prerequisiti, obiettivi, contenuti, metodi, che nel dettaglio contengono le seguenti informazioni:

- **prerequisiti**: l'autrice di questo documento è Emilia Salucci, ricercatrice presso l'IRRE della Lombardia che vuole richiamare i concetti matematici di base per permettere agli alunni di lavorare con i modelli matematici dei problemi decisionali; tali prerequisiti possono essere facilmente presentati oltre che con le usuali definizioni teoriche, anche tramite il foglio elettronico;

- **obiettivi:** a differenza della tipica autoreferenzialità che tradizionalmente contraddistingue l'insegnamento dell'analisi, dell'algebra e della geometria, dove l'obiettivo è semplicemente l'apprendimento dei contenuti, l'insegnamento della Ricerca Operativa dovrebbe contraddistinguersi, secondo Righini, per il fatto di procedere direttamente per obiettivi tangibili di problem solving. Lui osserva che occorre perseguire con decisione un obiettivo quale la capacità di "matematizzazione" della realtà (sistemi e problemi) per arrivare ad un approccio scientifico (non "ad occhio") al problem solving in ogni ambito applicativo e questo dovrebbe essere di gran lunga il più importante scopo nella scuola superiore;
- **contenuti:** secondo Righini, coerentemente con quanto osservato a proposito degli obiettivi, nella definizione dei contenuti è opportuno insistere maggiormente su quelli modellistici, per accordare la Ricerca Operativa con l'insegnamento della matematica e su quelli algoritmici per collegare la Ricerca Operativa con l'insegnamento dell'informatica.
Dovendo dare la precedenza ad uno dei due è da scegliere il primo per l'effetto che ha sulla motivazione allo studio dell'analisi, dell'algebra e della geometria. Inoltre egli sottolinea che, sempre per coerenza con gli obiettivi didattici dichiarati in precedenza, l'insegnamento della Ricerca Operativa non deve consistere nell'aggiunta di contenuti specialistici, sganciati dal resto del programma di matematica, bensì nell'insegnamento di una "forma mentis", di un approccio razionale alla formalizzazione e alla risoluzione dei problemi decisionali e quindi determinare i contenuti in funzione del loro collegamento con il resto del programma di

matematica e di informatica;

- **metodi:** proprio per quanto da lui specificato nei documenti precedenti, il metodo didattico dovrebbe essere tale da mettere in evidenza i collegamenti e le relazioni esistenti tra i problemi decisionali, che sorgono nei più diversi ambiti applicativi e i loro modelli matematici, tra le proprietà dei modelli e le proprietà algebriche e geometriche degli "oggetti" matematici che li compongono (domini continui o discreti delle variabili, convessità o meno delle funzioni, tipologie di vincoli, numero e tipo di obiettivi,...); tra le proprietà dei modelli e le proprietà degli algoritmi che risolvono i problemi rappresentati da quei modelli quali correttezza, approssimazione e complessità; tra gli algoritmi e la tecnologia esistente ovvero linguaggi e solutori, tenendo presente, come lui stesso sottolinea nei vari documenti, che l'uso del software deve essere il "coronamento" dell'attività di studio del problema e del modello, non può esserne il prodotto principale.

5.3 Il laboratorio di ottimizzazione OptLab

5.3.1 Premessa

Al Dipartimento di Tecnologie dell'Informazione dell'Università degli Studi di Milano, situato presso il polo didattico e di ricerca di Crema, si trova il Laboratorio di Ottimizzazione **OptLab** [s26], attivo dal gennaio del 2000. La costituzione del laboratorio persegue obiettivi di natura scientifica e didattica quali:

- promuovere la ricerca scientifica nel campo della Ricerca Operativa presso il Polo di Crema;
- consentire lo svolgimento di esercitazioni, progetti, tesi di laurea e di diploma in Ricerca Operativa presso il Polo di Crema.

Proprio per perseguire lo scopo di promuovere lo sviluppo di progetti innovativi di ricerca scientifica in Ricerca Operativa, Science delle decisioni e Ottimizzazione, le attività di ricerca perseguite dal laboratorio riguardano principalmente la logistica e i trasporti, algoritmi di routing e locazione, pianificazione e programmazione, emergenza e operazioni di assistenza sanitaria, sistemi di servizi di gestione delle scienze e ingegneria, programmazione matematica e simulazione euristiche e algoritmi metaeuristici.

In particolare i *progetti realizzati più grandi* sono stati:

- **Cosmo-SkyMed**: sistema duale per l'osservazione della Terra costituito da algoritmi di planning e scheduling per la costellazione italiana di satelliti SAR per l'osservazione terrestre (2003-2005) ovvero un programma spaziale per applicazioni duali (civili istituzionali/commerciali e militari) che rappresenta il più grande investimento italiano nel settore dell'osservazione della terra e ne costituisce una realizzazione all'avanguardia in campo mondiale;
- **Reply @logistics**: algoritmi di ottimizzazione per gestire flotte di veicoli aziendali per la distribuzione di merci su scala nazionale (2005-2006);
- **Call centers**: modelli e algoritmi per l'ottimizzazione della turnistica del personale dei call centers nel settore telecomunicazioni (2007);

- **Decembria:** modelli di previsione, simulatori e sistemi di supporto alle decisioni per la gestione ottimizzata della flotta di ambulanze del servizio 118 di Milano-Niguarda (2008-2009) ed è solo l'ultimo in ordine di tempo.

Altri *progetti in corso di svolgimento* sono:

- ottimizzazione di trasporti a corto raggio;
- logistica collaborativa (trasporti a lungo raggio)
- turnazione personale nei call centers;
- ottimizzazione logistica della produzione;
- ottimizzazione raccolta rifiuti;
- applicazioni alla biologia computazionale;
- progettazione ottimizzata di "filiera corte" agroalimentari;
- progettazione di reti di telecomunicazione a due livelli.

Tra i *progetti potenziali* ci sono:

- trasporto sociale (Crema Ricerche, CSC);
- ottimizzazione di sistemi di trasporto a chiamata dinamici (ad esempio MioBus);
- ottimizzazione della ricettività alberghiera e dei flussi turistici con tecniche di revenue management (città d'arte, Expo 2015);

- studi sulla viabilità urbana e sulla localizzazione di servizi urbani (WP "Smarter Cities" nel progetto "Analytics" in preparazione per il prossimo bando Marie Curie Initial Training Networks);
- ottimizzazione orario scolastico;
- problemi di ottimizzazione in sistemi di generazione elettrica distribuita (Smart Grids).

5.3.2 Attività per le scuole

I membri del laboratorio OptLab si sono dedicati alla formazione nelle scuole, nella didattica, nella formazione di studenti, di dottorandi e di post laureati, divenendo la loro principale attività. Giovanni Righini, nell'ambito dell'evento "Busin3ss Analyt1cs" - la matematica che crea valore, tenuto il 21 giugno 2011 al polo didattico e di ricerca di Crema dell'Università degli Studi di Milano, sottolinea che un aspetto importante di questo laboratorio di ottimizzazione è ciò che è stato fatto nel corso degli anni e cosa si sta facendo per valorizzare il capitale umano. Soprattutto in un'economia basata sulla conoscenza, è fondamentale investire nel capitale umano che costituisce quel tipo di investimento "massivamente" redditizio e "massivamente" sicuro.

Tra le attività rivolte alle scuole troviamo:

- gara nazionale di Ricerca Operativa per le scuole superiori riconosciute anche dal MIUR come "iniziativa per la valorizzazione delle eccellenze" (che è un suo programma speciale);

- programma lauree scientifiche di area matematica di cui fa parte lo stage "Ottimizziamo" che si svolge all'interno dell'Università e rivolto agli studenti delle scuole superiori (nell'anno scolastico 2010-11 hanno partecipato 400 studenti, 20 insegnanti e 10 scuole in Lombardia);
- seminari, corsi di formazione, corsi di aggiornamento per insegnanti. . . .

Tra le attività proposte dal laboratorio e rivolte all'orientamento, alla conoscenza e alla divulgazione della Ricerca Operativa nelle scuole superiori di secondo grado rientra uno stage dal titolo "Ottimizziamo", giunto alla terza edizione, organizzato ogni anno da Giovanni Righini e Alberto Ceselli [s27]. È un'iniziativa didattica promossa nell'ambito del Progetto Lauree Scientifiche rivolta a gruppi di circa 50 studenti nel laboratorio informatizzato OptLab con la collaborazione di quattro docenti universitari che guidano gli studenti nell'affrontare casi di studio reali con lo scopo di:

- far conoscere la Ricerca Operativa (the most important invisible profession of the world);
- aprire nuovi orizzonti culturali;
- scoprire che la matematica non serve a fare calcoli ma ad evitare di farli e per mostrare, in maniera naturale e divertente che la matematica risolve ogni tipo di problema.

Il programma didattico dello stage prevede un'introduzione alla Ricerca Operativa, ai modelli e alla programmazione matematica (Excel Solver, AMPL³ e

³AMPL - A Modeling Language for Mathematical Programming - è un linguaggio completo e potente di modellazione algebrica per problemi di ottimizzazione lineare e non lineare, in variabili

simulazione) ed è rivolto a tutti gli alunni dalla prima alla quinta di tutte le scuole medie superiori (licei, istituti tecnici e professionali) senza particolari prerequisiti specifici né di informatica né di matematica. Nel corso dello stage viene spiegato e mostrato come la Ricerca Operativa è utile alle Scienze, all'Economia, all'Informatica cercando di risvegliare nei partecipanti la sensibilità verso la Matematica intesa non più come disciplina per fare solo calcoli ma bensì per modellizzare, tramite problemi legati alla quotidianità, imparando così a capire cosa sia un modello matematico, scriverlo ed elaborarlo.

Purtroppo però questa ed altre iniziative non sono per niente conosciute nelle scuole, ad eccezione di quelle del territorio milanese, cremasco e dintorni. Sebbene la domanda di Ricerca Operativa sia in continua espansione da parte delle scuole superiori anche in seguito a nuovi spazi di autonomia previsti dalla recente riforma ⁴ degli ordinamenti didattici. In questo si collocano le intenzioni dei due docenti, Righini e Ceselli, che tendono a portare l'insegnamento delle scuole italiane allo stesso livello di quello che viene registrato all'estero negli USA e Regno Unito.

5.4 LOGIMAT e LOGIMAT2

5.4.1 Premessa

Nel nostro Paese si sta sviluppando, in modo positivo, il dibattito sul ruolo della Matematica e si sta consolidando la convinzione che essa pervada tutti gli altri saperi e discipline, dalla fisica alle scienze naturali e biologiche, dall'eco-

discrete o continue. Per maggiori informazioni consultare il sito <http://www.ampl.com/>

⁴La riforma dei cicli formativi nel processo di decentramento e autonomia delle Università.

nomia alla tecnologia, dall'ingegneria all'organizzazione e gestione dei sistemi economico-sociali. Una scadente competenza matematica appare oggi condizione di debolezza in un mondo che, imperniato sulla competizione a livello nazionale e internazionale, ha sempre più bisogno di utilizzare l'approccio numerico e quantitativo alle decisioni e alla soluzione dei problemi complessi che caratterizzano la nostra vita [10]. Il MIUR ha sviluppato e promosso iniziative didattiche e di formazione nell'ambito del Programma Operativo Nazionale "Competenze per lo sviluppo" - FSE, approvato con decisione della Commissione Europea del 7 Novembre 2007. I documenti prodotti dal Ministero e le successive circolari inviate agli Uffici Scolastici Regionali e alle Istituzioni Scolastiche diffuse sul territorio, sottolineano con forza la necessità di far crescere le competenze matematiche degli allievi delle scuole italiane, con particolare riferimento alle Regioni dell'Obiettivo Convergenza (Calabria, Campania, Puglia e Sicilia). In questo contesto si colloca l'impegno della Regione Campania, in particolare dell'Area Generale di Coordinamento AGC 17 (Istruzione, Educazione, Formazione, Orientamento Professionale), nell'ambito dell'accordo tra il Ministero dell'Istruzione e la Regione Campania e in attuazione della D.G.R. 794 del 9 maggio 2008 che dispone iniziative finalizzate a *"sostenere l'insegnamento della matematica, delle scienze e della tecnologia nella scuola e nella formazione"* e a *"favorire l'innovazione didattica"* ed ha sviluppato il Portale Magistra per gli insegnanti della Regione Campania, contenente un simulatore delle Prove OCSE-PISA [10]. Il corso, organizzato dal Dipartimento di Informatica e Sistemistica dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II", in collaborazione con docenti del Dipartimento di Matematica e Applica-

zioni dello stesso Ateneo e con docenti di altri Atenei italiani, ha realizzato percorsi formativi sperimentali per insegnanti di Matematica della Scuola Media Inferiore e Superiore, basati sul concetto di problem solving e finalizzati all'acquisizione di metodologie e contenuti da utilizzare con i propri allievi per rendere sempre più accattivante, comprensibile e fruibile la Matematica.

5.4.2 LOGIMAT e LOGIMAT2: caratteristiche

Negli ultimi anni la Regione Campania ha promosso e supportato lo svolgimento in via sperimentale di Corsi di Formazione sull'apprendimento logico-matematico per insegnanti di Matematica della Scuola Secondaria di I e II grado, basati sui concetti di Problem Solving e Decision Making, non tradizionalmente presenti nell'insegnamento della matematica in Italia [10].

Questi due corsi, **LOGIMAT** (prima edizione del corso) svolto nel periodo novembre 2008 - maggio 2009 e **LOGIMAT2** (seconda edizione del corso) svolto nel periodo marzo - dicembre 2010, possono essere definiti come *una strategia per l'insegnamento della matematica basata sul problem solving, un corso di formazione sull'apprendimento logico-matematico per insegnanti di scuola media inferiore e superiore*, trattandosi di due corsi sperimentali sull'apprendimento logico-matematico, sulla formazione, metodologia, strumenti e contenuti rivolti agli gli insegnanti di matematica delle scuole medie inferiori e superiori [11]. Nel dettaglio le caratteristiche del corso sono:

- **criterio ispiratore del corso:** il criterio ispiratore del corso LOGIMAT2 è stato l'uso degli strumenti della modellazione matematica dei problemi reali e del problem solving. La modellazione dei problemi sarà

utilizzata per introdurre i concetti di dati e variabili e le relazioni matematiche fondamentali; il problem solving sarà utilizzato per risolvere semplici problemi decisionali, esemplificativi di problemi reali complessi della vita sociale e produttiva [s28].

Il Problem Solving è al centro delle conoscenze da acquisire. Riconoscere, costruire, valutare e generalizzare modelli, sviluppare e mettere in pratica piani di azione basati su processi, sono aspetti centrali dell'apporto del problem solving nella acquisizione di conoscenze matematiche nell'ambito scolastico, in quello della formazione professionale, in quello del lavoro. Il problem solving aiuta a risolvere le difficoltà che si incontrano nella vita". Semplici esempi di problem solving che i giovani incontrano nella loro vita quotidiana possono essere facilmente indicati, insieme all'espressione tecnico-scientifica corrispondente:

- organizzare i tempi della propria giornata (scheduling delle attività);
- raggiungere nel minore tempo possibile una destinazione (minimo percorso);
- scegliere il mezzo di trasporto più opportuno (scelta modale nei trasporti);
- decidere le proprie spese e i propri investimenti finanziari (allocazione delle risorse).

Il Problem Solving non fa parte solo della vita quotidiana dei nostri studenti, ma caratterizza tutta la nostra vita sociale e produttiva, fatta di lavoro, fruizione di servizi, tempo libero. Ci riferiamo ai problemi del

traffico, dei trasporti, dell'ambiente, della sanità e di tutti gli altri settori economico - sociali nei quali si richiede un corretto approccio alla soluzione di problemi complessi da parte di istituzioni, enti e aziende, pubbliche e private, preposte e/o demandate al governo del territorio e alla produzione di beni e servizi. In questi casi si parla di decision problem solving o di decision making [11];

- **obiettivi:** gli obiettivi e le finalità del corso sono stati:
 - avvicinare i docenti e gli studenti ad un insegnamento e ad un apprendimento della matematica che ne renda accattivante lo studio attraverso la matematica dei fenomeni e la matematica dei problemi;
 - formare un numero significativo di insegnanti in grado di adottare nell'insegnamento della matematica metodologie basate sui concetti di modellazione, problem solving e decision making;
 - creare un meccanismo di formazione piramidale che veda crescere in modo esponenziale il numero di insegnanti orientati ad una didattica ispirata ai criteri che sono alla base delle prove OCSE;
 - verificare in classe durante lo svolgimento dei corsi la risposta degli studenti all'approccio didattico proposto (disponibilità verso l'apprendimento, capacità a rispondere in maniera corretta alle prove OCSE) [11].

Tutto ciò parte dalla riflessione degli organizzatori di questi stessi corsi, che la matematica nelle sue tante e diverse articolazioni sia il fulcro di metodologie e strumenti indispensabili per la soluzione di problemi deci-

sionali complessi nei più svariati campi applicativi.

Organizzatori di questi corsi sono *Carlo Sbordone*, Professore Ordinario di Analisi Matematica del Dipartimento di Matematica e Applicazioni "R. Caccioppoli", e *Antonio Sforza*, Professore Ordinario di Ricerca Operativa del Dipartimento di Informatica e Sistemistica, entrambi dell'Università di Napoli "Federico II", con la collaborazione di docenti del Dipartimento di Matematica e Applicazioni dello stesso Ateneo e delle Università di Milano, Salerno e Torino.

Essi intendono informare docenti di scuola media inferiore e superiore, ciascuno con esperienze didattiche diverse sul tema dell'apprendimento logico-matematico poiché catturare l'attenzione degli studenti durante le ore di insegnamento della matematica è da sempre un compito arido e difficile, in parte per l'aspetto che "devo studiarlo anche se dopo la scuola non mi servirà", in parte perché l'insegnante stesso non riesce a trasferire le nozioni didattiche dei libri alle situazioni concrete della realtà.

I professori Sbordone e Sforza sono convinti che così facendo, si intraprende un cammino di innovazione didattica e motivazione formativa rivolte in prospettiva ad un significativo miglioramento nella valutazione delle competenze matematiche dei giovani campani nelle prossime rilevazioni OCSE/PISA; auspicio sostenuto anche dalla convinzione che la matematica sia il fulcro di metodologie e strumenti indispensabili per la soluzione di problemi decisionali complessi nei più svariati campi applicativi;

- **contenuti del corso:** partendo dalla convinzione che la Matematica in primis ma anche tutti i suoi settori, dall'analisi all'algebra, dalla geome-

tria alla matematica applicata (ricerca operativa, matematica finanziaria, statistica...) abituaano al ragionamento e alla riflessione stimolando la capacità di intuizione e di ricerca, logiche e di astrazione, essendo una disciplina indispensabile, forse la più indispensabile, per tutta la ricerca scientifica e tecnologica, di modellazione e di calcolo, per le scienze applicate e teoriche quali la fisica, la chimica, la biologia, la medicina, l'economia, l'informatica, l'ingegneria.

I professori Sforza e Sbordone hanno articolato i corsi LOGIMAT e LOGIMAT2, affrontando temi collegati sia all'apprendimento logico-matematico che alle relazione tra Matematica e altre discipline scientifiche, e quindi temi di Logica, Algebra, Geometria, Calcolo numerico, Acquisizione ed elaborazione dei dati, Statistica e Probabilità, Ricerca Operativa, Modelli matematici, Modelli di simulazione di problemi reali, Informatica, Complessità computazionale, Storia della Matematica , Didattica della Matematica, Tecnologie Didattiche;

- **articolazione del corso:** ciascuno dei corsi è stato articolato in due moduli paralleli, rivolti rispettivamente a insegnanti della scuola media inferiore e a insegnanti del biennio di scuola media superiore, senza distinzione di indirizzo (classico/linguistico/scientifico/tecnico) [s28]. Essi si basavano sul concetto di Problem Solving e di Decison Making e si sono sviluppati attraverso 17 seminari/lezioni settimanali in presenza, della durata di 4 ore e un'attività autonoma di studio, analisi e sperimentazione da parte degli insegnanti. Al termine del percorso formativo, che ha avuto una durata complessiva di 100 ore, ciascun insegnante ha svol-

to una lezione-presentazione dimostrativa su un tema legato ai contenuti del corso ed ha ricevuto un attestato di partecipazione firmato anche dal Direttore dell'Ufficio Scolastico Regionale. Nel dettaglio i corsi sono stati organizzati in seminari, lezioni frontali riguardanti le metodologie di educazione e temi applicativi con moduli di tipo teorico-metodologico, applicativo e/o esercitativo, mettendo in evidenza non tanto nozioni di matematica quanto piuttosto i motivi che rendono stimolante ed "accattivante" lo studio, l'apprendimento e l'insegnamento di questa materia. I seminari sono stati tenuti da docenti dell'Università di Napoli e delle altre Università italiane quali Università di Salerno, Politecnico di Milano, Università di Milano e Università di Torino. L'aspetto da non sottovalutare del corso è che nello svolgimento delle lezioni, dopo una prima parte dedicata ad un inquadramento generale dell'argomento trattato per ognuno dei temi proposti, si svolge una parte applicativa-didattica dedicata anche e soprattutto al rapporto con gli studenti, fornendo così spunti di riflessione e di successivo apprendimento da portare nelle rispettive classi di insegnamento. Nel 2010 il corso è stato riproposto, riscuotendo un positivo riscontro, dedicato sempre agli insegnanti delle scuole medie inferiori e superiori per approfondire e sostenere l'insegnamento della matematica e delle scienze nella scuola e favorirne l'innovazione didattica perché la corretta comprensione della matematica, produce un'incidenza positiva sull'apprendimento di molte discipline e consente inoltre ai giovani di entrare in un rapporto più profondo con l'informatica, che ha come base fondante la matematica stessa. Per questo motivo è fondamentale

fornire agli insegnanti dei momenti di approfondimento sulle tecniche di apprendimento legate all'ambito logico-matematico.

- **risultati ottenuti:** i risultati ottenuti sono apparsi positivi. Nel primo corso 23 insegnanti e nel secondo 27 insegnanti di scuola media secondaria di I e II grado hanno portato a termine il percorso formativo, effettuando la presentazione finale e conseguendo un'attestato di partecipazione. Secondo la relazione presentata da Sforza, Sbordone e Claudio Sterle (dottorando presso il Dipartimento di Informatica e Sistemistica, dell'Università di Napoli "Federico II") presentata alla 42nd Conferenza Annuale di AIRO del settembre 2011 ([10] e [11]), appare quindi utile continuare l'esperienza dei corsi di formazione LOGIMAT sull'apprendimento logico-matematico, articolato attraverso seminari/lezioni che propongano temi e problemi di significativo interesse, da risolvere con strumenti matematici di difficoltà variabile, per esemplificare la possibilità concreta di rendere accattivante lo studio della Matematica in quanto funzionale alla soluzione di problemi reali.

5.5 Progetto MIUR di diffusione della Ricerca Operativa

Il MIUR nell'intento di promuovere e favorire la diffusione della cultura tecnico-scientifica, di contribuire alla sua tutela e alla sua valorizzazione di interesse storico conservato in Italia, annualmente bandisce l'erogazione di contributi intesi a favorire la diffusione della cultura scientifica. Dall'idea di Giovanni

Righini e dalla conseguente partecipazione al bando del MIUR del 2006 (ottenendo i finanziamenti nel 2007), nacque il progetto multimediale di diffusione della Ricerca Operativa. I contributi erogati non furono totalmente sufficienti a finanziare il progetto e quindi è stata creata una collaborazione tra l'Università degli Studi di Milano e AIRO che finanziarono la restante parte.

In realtà questo progetto multimediale per la diffusione della Ricerca Operativa nelle scuole medie superiori non è il primo dedicato a tale argomento perché un'altro simile è quello denominato " **Aritheum**", un CD multimediale divulgativo ideato e realizzato dall'omonimo Aritheum, Istituto di ricerca per la Matematica Discreta di Bonn [s29]. L'obiettivo di Aritheum è quello di impartire esperienza con molte sfaccettature: dall' apprendimento e comprensione di nuovi dati scientifici e tecnologici al godimento estetico dell'architettura, del progetto espositivo e per ultimo ma non meno importante interazioni con l'arte. Nel caso specifico del progetto Aritheum si tratta di affrontare un problema di cammino minimo cercando di risolvere un semplice caso utilizzando solo tre città. Senza introdurre una quarta città, si può costruire un network minimo connettendo Roma, Londra e San Pietroburgo con un cammino totale di 3350 Km. Con una quarta città si può ottenere un network di connessione più breve⁵. Cliccando in una qualsiasi altra direzione la voce guida spiega che la lunghezza da trovare sarebbe 3180 Km e quindi dira' " molto vicino" o " molto lontano" secondo dove è stata posizionata la quarta città aggiungendo che la giusta distanza da individuare sul grafico è 3180 km e per differenza i Km

⁵La tecnica da utilizzare per trovare la soluzione è la seguente: usare il mouse per muoversi intorno alla cartina per individuare la quarta città e quando si pensa di aver trovato il network minimo, cliccare sul mouse

di avanzo o di mancanza tra dove l'utente ha posizionato la città e la soluzione giusta. La quarta città è Bonn.

Per quanto riguarda il progetto multimediale italiano esso mira alla diffusione della conoscenza della Ricerca Operativa presso gli alunni e gli insegnanti delle scuole medie di primo e secondo grado sotto forma di quattro giochi, rappresentativi di quattro problemi non troppo di fantasia ma strettamente collegati alla realtà per far capire, in maniera ludica e divertente tramite la figura di fantasia del dottor Smart, cos'è un problema di ottimizzazione.

Essi nel dettaglio sono:

- **Ambulanze pazze:** il dottor Smart è stato incaricato di organizzare la disposizione delle ambulanze per la città. Non avendo purtroppo, abbastanza veicoli per coprire tutto il territorio, le ambulanze devono essere collocate in punti critici della città per garantire il rapido intervento del pronto soccorso nei quartieri tenendo presente che ciascuna ambulanza ha la possibilità di intervenire per un numero limitato di cittadini nei dintorni del punto in cui viene collocata;
- **Gocce della salute** [12]: il dottor Smart ha prescritto una terapia basata su un nuovo medicinale denominato Gocce della Salute ma deve dosare bene le gocce nell'arco della giornata, quindi il paziente deve assumere fiale del nuovo medicinale ad ogni ora durante la giornata il cui effetto si estende, seppur attenuato, nelle ore successive. Ogni volta che si aumenta il numero delle gocce il principio attivo della medicina avrà effetto subito e, in misura decrescente, nelle ore successive della giornata

tenendo presente che le gocce della salute si possono somministrare solo in fiale di 20 gocce ciascuna;

- **Tutti in sala:** il dottor Smart ha smarrito il programma delle sale operatorie e deve compilarne uno nuovo, quindi ha assegnato ai pazienti dei cartellini di colore e dimensioni differenti; la dimensione indica la durata dell'operazione chirurgica, che corrisponde ai giorni della settimana, indica l'urgenza cioè l'ultimo giorno utile per eseguire le operazioni e la dimensione ne indica il tempo necessario per l'intervento chirurgico;
- **Medicina in rete:** il dottor Smart è stato nominato consulente per la comunicazione tecnologica degli ospedali e degli ambulatori medici della città e deve realizzare il progetto contenendo al minimo i costi; infatti la città ha numerosi ospedali, ambulatori e centri medici ed è possibile scegliere quali linee utilizzare per connettere in rete i diversi centri e per ogni linea disponibile è indicata la lunghezza del cavo da cui dipendono i costi di installazione.

Promuovere la diffusione di questo semplice strumento multimediale in tutte le scuole secondarie superiori di secondo grado potrebbe essere il primo passo di un percorso più ampio di diffusione della conoscenza della Ricerca Operativa per adeguarci (seppur con immenso ritardo) a quello che gli altri stati stanno facendo da anni sia alle scuole che al mondo del lavoro. La presentazione dei quattro problemi presenti nel CD si può collocare benissimo in tutte le scuole di secondo grado, siano esse istituti tecnici economici o licei. Nei primi (istituti tecnici) l'uso del cd può aiutare il professore sia nell'introduzione di

concetti quali variabili, vincoli, funzione obiettivo e come strumento di verifica di concetti assimilati precedentemente in teoria. Nei licei o nelle scuole dove la Ricerca Operativa non è programma ministeriale, l'uso del cd in classe è altrettanto valido per spiegare che la matematica non fa solo calcoli ma anche modelli e mostra che la Ricerca Operativa è elemento importante in tanti e diversi settori dalla bioinformatica alla tattica militare, dalla medicina alla gestione delle emergenze, dai giochi alla finanza, dalla politica ai trasporti, dall'informatica allo sport, dalle missioni aerospaziali all'energia, dalla gestione aziendale al controllo della produzione, dalla progettazione di reti telematiche alla classificazione dei dati e riconoscimento di immagini e nel vasto panorama delle scienze applicate.

5.6 Gare AIRO di Ricerca Operativa

5.6.1 Premessa

L'AIRO è fortemente impegnata nel promuovere nuove attività volte da un lato a far conoscere la Ricerca Operativa agli studenti delle scuole superiori, attraverso le annuali gare e dall'altro a sfruttare al meglio la natura interdisciplinare della disciplina stessa per migliorare la loro preparazione culturale, in particolare per quanto riguarda il ruolo della matematica e dell'informatica nell'odierna società dell'informazione. Tali attività sono finalizzate a mettere la matematica al servizio del management per formare manager con competenze organizzative, capaci di valorizzare l'azienda, ottimizzando risorse e riducendo i costi di gestione.

Il vantaggio per gli insegnanti di sollecitare la partecipazione dei propri studenti a queste gare è che esse si prestano molto bene a presentare loro i modelli matematici. Con alcuni esempi, infatti, è possibile insegnare i concetti di variabili, vincoli e obiettivi che non richiedono particolari prerequisiti. Lavorare non su incognite (di cui bisogna calcolare il valore) ma su variabili (che rappresentano decisioni) può aiutare a portare gli studenti alla comprensione della matematica come linguaggio potente ed universale per descrivere problemi, superando la concezione di matematica finalizzata al calcolo che spesso suscita "rigetto" e scarso affetto per la materia. Se da un lato non sono richiesti particolari prerequisiti, dall'altro però può essere un utile veicolo per presentare agli studenti in modo naturale alcuni concetti matematici come quello di funzione, di massimo e minimo di una funzione, di sistema di equazioni o disequazioni, di linearità, di continuità, di relazione tra insiemi, di convessità, di permutazione e di esplosione combinatoria. Ci sono problemi di diversa natura, lineari e non lineari (a seconda che i vincoli e la funzione obiettivo sono descrivibili da funzioni lineari delle variabili), nel continuo e nel discreto (a seconda che il dominio delle variabili sia continuo o discreto). Alcuni si formulano in modo naturale su grafo altri richiedono l'applicazione di nozioni di geometria del piano o dello spazio, altri ancora hanno legami con la trigonometria. Gli esercizi proposti richiedono in generale la capacità di ragionare sui problemi in termini matematici e di usare gli opportuni semplici solutori software e non di scrivere software. Queste operazioni, se opportunamente guidate e commentate dall'insegnante di informatica o da un insegnante tecnico pratico (ITP), che aiuti a saper leggere e comprendere la documentazione del

software, seguire le semplici istruzioni per l'installazione e soprattutto imparare la sintassi del linguaggio per descrivere il modello matematico in input al programma, costituiscono una valida occasione di apprendimento. La necessità di descrivere chiaramente gli algoritmi realizzati o gli strumenti usati ha come scopo formativo quello di educare gli studenti al rigore formale del linguaggio con cui tradurre e comunicare ad altri idee e concetti. Da tale punto di vista l'aspetto di coinvolgimento degli insegnanti di matematica e di informatica è senza ombra di dubbio vantaggioso ed auspicabile perché queste gare costituiscono un'occasione per un'attività didattica interdisciplinare. In realtà questo carattere di interdisciplinarietà è uno degli aspetti caratteristici della Ricerca Operativa che si presta particolarmente bene a coniugare teoria e pratica, portando lo studente dall'elaborazione concettuale del modello matematico di un problem, in alcuni casi fino alla realizzazione del software e alla sperimentazione con esso. *L'impegno richiesto agli insegnanti* dipende dal loro grado di conoscenza della Ricerca Operativa ma data la sua natura interdisciplinare è senz'altro possibile e auspicabile il coinvolgimento di più insegnanti e magari sfruttare queste gare per studiare e/o approfondire nozioni, temi, aspetti che a loro non sono noti.

Per quanto riguarda invece *l'impegno richiesto agli studenti* questo è variabile e dipende dal tipo di esercizio o problema. In linea generale è richiesta la capacità di capire il problema e l'obiettivo che si pone, porre la Matematica al servizio di esso per risolverlo ed utilizzare la logica. Le gare sono aperte a tutti gli studenti delle scuole italiane ed ogni studente gareggia individualmente, con una partecipazione esclusivamente gratuita. Si articolano in una **fase locale**

ed in una **fase nazionale**.

Nella *fase locale* ogni studente risolve un insieme di esercizi proposti sul sito con qualsiasi metodo e comunica le soluzioni al proprio referente locale. Gli studenti che ottengono i risultati migliori entro la scadenza indicata vengono ammessi alla fase nazionale, che si svolge in un'unica giornata. La correzione degli esercizi è iterativa: dopo aver spedito una soluzione si ottiene un punteggio. Inoltre, in base ai commenti dei referenti locali, si può sempre migliorare la soluzione, consegnarla di nuovo e guadagnare altri punti.

Nella *fase nazionale*, che si svolge su una piattaforma on-line collegando l'Università degli Studi di Milano e le sedi locali, gli esercizi della fase locale possono essere risolti con qualsiasi metodo: con carta e penna, a mente, con solutori software, con algoritmi realizzati apposta e le soluzioni vanno documentate in modo sintetico spiegando come sono state ottenute.

5.6.2 Le gare nel corso degli anni

5.6.2.1 Fino al 2008

Fino all'anno scolastico 2007-2008 l'AIRO bandì due gare di Ricerca Operativa:

1. una **gara di modellizzazione - gara A**;
2. una **gara di programmazione - gara B**.

Per entrambe le gare il problema proposto era lo stesso ma con finalità, modalità di risoluzione e risultati finali diversi per le due gare.

In particolare:

- la *gara A* era orientata alla modellistica matematica e consisteva nel formalizzare un problema di ottimizzazione, per poterne calcolare la soluzione ottima con solutori software di programmazione matematica;
- la *gara B* era finalizzata alla progettazione e realizzazione di algoritmi e consisteva nel risolvere, in modo esatto oppure approssimato, alcuni esempi di un problema di ottimizzazione.

Per quanto riguarda le **finalità** delle due gare emerge una netta differenza su quello che era lo scopo per ognuna di esse da raggiungere:

- nella *gara A* gli studenti dovevano concentrare la loro attenzione sulla fase di modellizzazione matematica selezionando aspetti particolari del problema, rappresentarli con i linguaggi matematici e stabilire tra essi relazioni di tipo matematico. Dovevano individuare l'obiettivo, le risorse disponibili e i dati a disposizione per poi formulare il modello matematico rappresentativo della realtà da studiare espresso mediante una funzione obiettivo (da minimizzare o massimizzare) e da un sistema di vincoli (di segno e tecnici) che traducevano in termini di equazioni e/o disuguaglianze matematiche le relazioni tra variabili decisionali (continue o discrete) e i dati del problema. *Gli studenti in tal caso non dovevano essere abili a programmare ma eventualmente, se necessario, ad utilizzare software già esistente che prendesse in input il modello matematico da loro sviluppato;*
- nella *gara B* gli studenti dovevano invece focalizzare l'attenzione e porsi come obiettivo oltre che la progettazione e la realizzazione di algoritmi risolutivi anche la risoluzione di problemi di ottimizzazione determinando

il valore delle variabili decisionali in modo da rendere ottimo (massimi e minimo) il valore della funzione obiettivo, nel rispetto del sistema dei vincoli. La soluzione veniva fornita in tal caso da un algoritmo ovvero una successione di operazioni che porti alla determinazione delle variabili decisionali contenute nel modello. La procedura risolutiva generava risultati numerici che costituivano la soluzione del modello e rappresentavano l'espressione quantitativa della decisione da adottare. Essi venivano poi analizzati ed interpretati al fine di verificare la qualità della soluzione e il suo impatto nel sistema oggetto di studio. *Gli studenti in tal caso devono essere abili a concepire e realizzare algoritmi di ottimizzazione.*

Un esempio di problema proposto per la *gara A e B* da AIRO era denominato **"le ambulanze di Algoritmia"**.

- **OBIETTIVO DEL PROBLEMA:** il servizio 118 della città di Algoritmia gestisce un dato numero di ambulanze che sono dislocate in alcune aree di parcheggio appositamente predisposte e vengono inviate al domicilio dei pazienti non appena essi richiedono un intervento telefonando alla centrale operativa. La progettazione di questo servizio di emergenza deve essere eseguita in modo da ottimizzare il livello di servizio offerto alla popolazione. A questo scopo bisogna decidere dove localizzare le ambulanze disponibili, tenendo conto della variabilità della domanda nell'arco della giornata e della variabilità nel numero di ambulanze disponibili;
- **DESCRIZIONE DEL PROBLEMA:** la città di Algoritmia è stata suddivisa in zone tramite una semplice quadrettatura del territorio. Per ogni

quadrato di lato L è stata stimata la popolazione che vi risiede nelle F fasce orarie in cui è divisa la giornata. Ai fini del problema, la popolazione si suppone concentrata nel centro di ogni quadrato. È noto un insieme di A aree di parcheggio disponibili, da cui le ambulanze possono partire e si suppone che queste aree di parcheggio siano poste al centro del loro quadrato. Si può ritenere che il tempo di intervento di un'ambulanza sia direttamente proporzionale alla distanza in linea d'aria tra il punto di partenza (centro del quadrato ove si trova l'area di parcheggio) ed il punto di destinazione (centro del quadrato da cui origina la domanda). Il coefficiente di proporzionalità dipende dal traffico, cioè dalla fascia oraria. Le ambulanze disponibili sono in numero dato, P^{max} ma nel momento in cui giunge una richiesta di servizio alcune di esse possono essere già impegnate nei servizi o di chiamate precedenti. Dall'esame dei dati storici si è visto che il numero di ambulanze disponibili oscilla da un valore minimo $P^{min} < P^{max}$ fino a P^{max} . A seconda di quante sono le ambulanze disponibili in un dato momento, si vuole decidere in quali aree di parcheggio localizzarle in modo da coprire nel modo migliore possibile la città. A questo scopo si intende che una zona della città (un quadrato) è coperta se e solo se può essere raggiunta dall'ambulanza libera più vicina in non più di $T = 8$ minuti essendo questo il tempo di intervento richiesto al servizio 118 per trattare i casi più gravi;

- IL PROBLEMA NELLA GARA A: la gara A richiedeva di definire il modello matematico del problema proposto e nel risolvere quindi alcuni esempi di tale problema con un solutore software di programmazione

matematica, in grado di calcolare la soluzione ottima e di garantirne l'ottimalità. L'obiettivo quindi era di incentivare gli studenti all'uso della matematica come linguaggio rigoroso di descrizione di sistemi e di problemi. Ad ogni studente o squadra che partecipava alla gara, era richiesto di presentare un modello di programmazione matematica che tenesse conto, correttamente, di tutti i dati, delle variabili, dei vincoli, e degli obiettivi del problema e nella valutazione di tale modello il criterio principale era la massima dimensione di un esempio risolto all'ottimo. In caso di parità come criterio di giudizio secondario c'era la completezza e correttezza del modello della formulazione matematica (unità di misura, dominio delle variabili, classificazione del modello, etc). Il primo obiettivo da raggiungere era la determinazione per ogni fascia oraria e per ogni numero di ambulanze disponibili qual era la loro dislocazione ottimale ovvero quella che minimizza il numero di persone non coperte dal servizio. Il secondo invece era quello di risolvere lo stesso problema con un vincolo in più: si vuole che le configurazioni ottimali relative alla stessa fascia oraria e ad un numero di ambulanze disponibili pari a P e a $P + 1$ abbiano in comune almeno $P - H$ posizioni delle ambulanze, dove H è un numero intero dato. Questo deve valere per tutti i valori di P tra P^{min} e $P^{max} - 1$. In questo modo ogni volta che un'ambulanza si libera viene occupata, la centrale operativa può passare da una configurazione ottima all'altra rilocalizzando al più $H + 1$ ambulanze libere;

- IL PROBLEMA NELLA GARA B: la gara B richiedeva di risolvere vari esempi di un problema di ottimizzazione che erano di dimensioni maggiori

rispetto a quelli della gara A. Non era fondamentale trovare la soluzione ottima ma almeno individuare un insieme di soluzioni ammissibili (eventualmente una) che soddisfi un dato insieme di vincoli escludendo tutte le altre che non venivano prese in considerazione. L'obiettivo di questa gara era quindi di mettere alla prova l'abilità degli studenti nel concepire e realizzare algoritmi di ottimizzazione sottoponendo alla direzione di gara i risultati ottenuti. La valutazione veniva fatta seguendo come criterio principale il costo delle soluzioni ottenute, come definito nella descrizione del problema, per tutti gli esempi forniti lasciando la pulizia formale degli algoritmi e l'ingegnosità delle idee proposte come criteri secondari.

5.6.2.2 Dal 2008 al 2011

A partire dall'edizione 2008-2009 l'annuale gara promossa da AIRO fu strutturata in maniera diversa rispetto a quello fatto fino all'anno precedente. Già a partire dalla fase locale infatti i partecipanti non si trovavano più di fronte alla gara A di modellizzazione matematica e alla gara B di programmazione relative ad un'unico e medesimo problema, bensì ad una serie di esercizi (tipicamente 10) ciascuno con un punteggio diverso a seconda del grado di difficoltà e dell'impegno richiesto per la risoluzione. Questi esercizi avevano come punto in comune l'aspetto dell'ottimizzazione ovvero determinare quanti video al massimo si potevano scrivere su un CD di dimensione, determinare l'ordine con cui un Canadair deve spegnere una serie di incendi nel minor tempo possibile, individuare la somma di denaro da puntare su ogni cavallo e la conseguente somma minima di vincita garantita, determinare il livello ottimale di acqua da

versare in un bicchiere.

Analizzando ciascuno degli esercizi proposti si può notare come per risolvere alcuni di essi non sia richiesta nessuna nozione di Ricerca Operativa ma semplicemente delle considerazioni intuitive e di logica. Per altri invece, sapendo di grado di difficoltà, era richiesto un impegno maggiore che conciliasse intuito, ragionamento e applicazione dei metodi di Ricerca Operativa. Si passava quindi da esercizi in cui bisognava formulare il modello matematicamente enunciandone i dati, le variabili, i vincoli e l'obiettivo e l'applicazione di un apposito software risolutore ad altri in cui non era necessario scrivere il modello matematico del problema e usare un solutore ma semplicemente sapere leggere il paragrafo consigliato e comprenderne correttamente il senso per applicarlo al caso descritto.

Si trattava di esercizi rivolti a tutti gli studenti e non solo a quelli più meritevoli o dotati di particolari capacità intellettive ma che avessero la voglia di applicare quello che già sapevano e di approfondire quello che non conoscevano (ad es la programmazione dinamica richiesta, una tecnica algoritmica molto importante con cui bisognava risolvere un esercizio). In questo l'aspetto da sottolineare è che non dovevano affrontare il lavoro da soli ma supportati sia dall'insegnante di matematica e/o informatica scolastici e in più dai referenti locali ai quali potevano chiedere consigli, delucidazioni, domande tenendo presente che le risposte venivano condivise con tutti gli altri partecipanti per evitare vantaggi ad uno piuttosto che ad un altro.

Negli anni successivi, ovvero nell'edizione 2009-2010 e nell'edizione 2010-2011, la gara venne realizzata con la stessa modalità dell'anno precedente ma con

qualche difficoltà in più. Questa modifica trova giustificazione nel fatto che con il passare del tempo vario materiale riguardante gli argomenti della Ricerca Operativa si trova in rete nei siti e blog riservati alla materia e quindi per rendere più stimolante la gara, competitiva tra i partecipanti e di maggiore approfondimento per chi sviluppasse interesse nei confronti di questa disciplina. A tal proposito furono proposti esercizi nei quali era richiesto di rappresentare il funzionamento del sistema tramite un grafo, in cui ogni nodo corrispondeva ad un possibile stato del sistema ed ogni arco ad una possibile transizione di stato; studiare modelli matematici rappresentativi del problema in cui la funzione obiettivo era non-lineare (quadratica) e richiedeva quindi di essere minimizzata con un solutore per modelli di programmazione non-lineare; rispondere a domande che richiedevano la conoscenza di nozioni di programmazione matematica e si prestava ad illustrare i concetti di convessità e di linearità, nonché ad applicare le condizioni analitiche del primo ordine per la ricerca di punti di minimo locale; risolvere esercizi che si prestavano sia alla formulazione matematica e all'uso di un solutore, sia alla realizzazione di un semplice algoritmo di programmazione dinamica, prestandosi inoltre ad eseguire una semplice analisi post-ottimale sugli effetti che una variazione dei dati ha sul valore ottimo.

Si passava quindi da esercizi che richiedevano di lavorare su una quantità di dati che preclude la possibilità di ricavare soluzioni con carta e penna in tempi ragionevoli e si prestava quindi ad illustrare la necessità di saper lavorare con strumenti come il foglio elettronico consentendo inoltre ragionamenti di tipo qualitativo, ad esempio sulla scelta ottima del periodo in cui disperdere

l'energia in eccesso ad esercizi che richiedevano la soluzione di un problema non-lineare con sole due variabili decisionali e quindi affrontabile per tentativi oltre che con un solutore.

L'aspetto non da sottovalutare degli esercizi proposti nelle gare è la natura dei problemi. Essi trattando argomenti di vario genere come la legge di Ohm, la carica dell'elettrodotto, energia eolica, il noleggio dei libri scolastici, piano di emergenza di un pronto soccorso, reti sociali, test diagnostici su tessuti sani e malati, allineamento di sequenze di DNA fino ad argomenti più divertenti come scommesse sui cavalli, il prigioniero e la sentinella. Essi offrono ampi motivi di discussione ed approfondimento in classe tra insegnanti ed alunni mostrando come la Ricerca Operativa esce dall'ambito strettamente scientifico della matematica presentando caratteristiche interdisciplinari relative in prevalenza alla matematica, informatica, economia e finanza, ingegneria ed altre. Inoltre lavora a stretto contatto con molte applicazioni commerciali soprattutto negli ambiti economico, infrastrutturale, logistico, militare, della progettazione di servizi e di sistemi di trasporto e nelle tecnologie, permettendo un rapido trasferimento di conoscenze in settori come il capitale umano, gli investimenti e le infrastrutture e nei canali distributivi.

Capitolo 6

Il problema del commesso viaggiatore (TSP)

6.1 Generalità e formulazione

Consideriamo il problema seguente: *stanco di cercare di far capire qualcosa ai suoi studenti, un professore di matematica applicata decise un giorno di darsi al commercio, e iniziò a lavorare come rappresentante di una ditta. Tuttavia, anni di studio non erano purtroppo passati senza lasciare il loro segno, e, pur non volendo, il professore non poteva fare a meno di formalizzare matematicamente quanto cadeva sotto i suoi occhi. Un giorno di pioggia, mentre viaggiava con la sua autovettura da una cittadina all'altra in una noiosa provincia, si chiese se non poteva in qualche modo economizzare sul carburante ottimizzando il percorso che doveva seguire. Doveva visitare tutte le città di un insieme V , e per ogni coppia (i, j) di esse era in grado di valutare esattamente il quantitativo di carburante c_{ij} necessario a spostarsi dall'una all'altra. In quale ordine anda-*

vano visitate le città per minimizzare i costi? Ovviamente, non è su economie del genere che un commerciante consegue i suoi maggiori guadagni. Perciò, dopo un po' di tempo, il nostro uomo abbandonò il commercio e si dette ad altre occupazioni. Tuttavia, in qualche modo, il suo problema destò interesse nel mondo scientifico, e prese il nome di Problema del Commesso Viaggiatore [13].

Il problema del commesso viaggiatore (TSP - Traveling Salesman Problem) richiede di trovare il più breve ciclo Hamiltoniano (ciclo che tocca tutti i nodi del grafo una ed una sola volta) su N città date. Il grafo può essere diretto o non diretto. Nel caso di un grafo diretto $D = (N; A)$, si considerano definiti dei costi c_{ij} associati ad ogni arco $(i; j) \in A$. Nel caso di un grafo non diretto $G = (V; E)$, si considerano dei costi c_e associati a ciascuno spigolo $e \in E$. Il problema del commesso viaggiatore richiede di determinare un circuito nel grafo in modo che:

- ogni vertice $i \in V$ sia visitato esattamente una volta nel ciclo;
- il costo degli archi selezionati sia minimo.

Un circuito che visita ogni vertice una ed una sola volta si dice circuito hamiltoniano. Si possono avere due casi:

- se il grafo che rappresenta il problema è orientato, si parla di problema del commesso viaggiatore asimmetrico - ATSP (Asymmetric Travelling Salesman Problem);
- se il grafo che rappresenta il problema è non orientato, si parla di problema del commesso viaggiatore simmetrico - STSP (Symmetric Travelling

Salesman Problem).

Per quanto riguarda il primo (ATSP), un modello del problema considera delle variabili decisionali associate ad ogni arco:

$$\forall (i, j) \in A, x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{se } (i, j) \text{ è nel ciclo} \\ 0, & \text{altrimenti} \end{cases}$$

$$\text{Minimizzare } \sum_{(i, j) \in A} c_{ij} x_{ij}$$

$$\text{Soggetto a } \sum_{i: (i, v) \in A} x_{iv} = 1 \quad \forall v \in N$$

$$\sum_{j: (v, j) \in A} x_{vj} = 1 \quad \forall v \in N$$

$$\sum_{i \in S, j \in S: (i, j) \in A} x_{ij} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subset N : 2 \leq |S| \leq |N| - 1$$

$$x_{ij} \in 0, 1 \quad \forall (i, j) \in A$$

La funzione obiettivo minimizza la somma dei costi degli archi selezionati.

Gli archi selezionati devono garantire di entrare una e una sola volta in ogni nodo (primo vincolo) e di uscire una e una sola volta da ogni nodo (secondo vincolo). In questo modo garantiamo di passare una e una sola volta da ogni nodo, ma sarebbero ammissibili anche soluzioni che contengono sotto-cicli.

Il quarto gruppo di vincoli serve proprio per eliminare tutte le soluzioni che contengono sotto-cicli, visto che, per ogni sottoinsieme proprio dei nodi ($S : |S| \leq |N|-1$), non è possibile selezionare un numero di archi interni ad S stesso pari (o superiore) al numero di nodi in S. Tali vincoli sono detti vincoli di eliminazione dei sotto-cicli (sub-tour elimination constraints).

La figura Figura 1 mostra una semplice istanza del TSP a livello grafico dove A, B, C e D sono i nodi, in neretto gli archi di collegamento tra i nodi e sopra gli archi i costi e/o distanze.

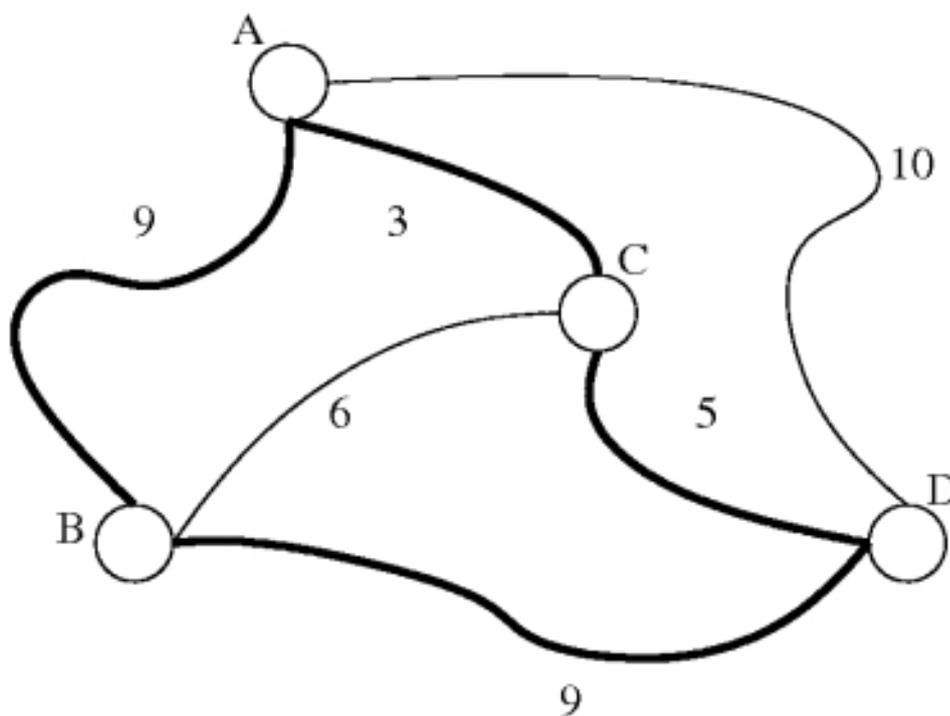


Figura 6.1: Un'istanza del problema del commesso viaggiatore (TSP)

6.2 TSP all'interno di HSOR

Nell'ambito della Scuola Superiore di Ricerca Operativa (HSOR) [s9] avevamo illustrato il sussidio didattico [6] composto da dieci problemi suddivisi in quattro blocchi di argomenti diversi, propri della Ricerca Operativa. In particolare, il secondo di questi problemi è intitolato Travelling Salesman Problem,

con l'esempio della Short Circuit Travel Agency, inserito nell'ambito del Routing Through Networks.

Il classico problema TSP viene introdotto con un esempio, che ne è una sua semplice variazione, secondo il quale Steve Isaac lavora nel Dipartimento di Risorse Umane di una compagnia ingegneristica di Washington D.C. area e come lavoro si occupa di reclutare i migliori laureati da varie università di Pittsburg, Chicago, St. Louis e Atlanta. Lui vuole visitare tutti i laureati, in un periodo di quattro giorni per poi ritornare a Washington. Avendo a disposizione una mappa (grafo) con le tariffe aeree più economiche, di sola andata, tra ogni possibile coppia di città in entrambe le direzioni, l'agente di viaggio di Steve della Short Circuit Travel Agency, vuole determinare il costo totale più basso per il suo viaggio. E' chiaro che, come nel capitolo viene messo in evidenza, che rappresentando graficamente il problema si ottiene un grafo dove i nodi sono le città da visitare (in questo caso cinque), gli archi di collegamento tra esse e per ognuno di essi le distanze che in realtà rappresentano il costo del viaggio di collegamento tra le due città. Quello che si vuole determinare è un percorso che abbia Washington come nodo di partenza, che tocchi ogni altro nodo della rete, quindi ognuno delle altre quattro città, una ed una sola volta e che ritorni a Washington quindi trovare un ciclo Hamiltoniano. Nel capitolo che stiamo descrivendo vengono poi mostrati e descritti alcuni metodi risolutivi del problema tra cui, il primo, di fare una lista di tutti i possibili cicli Hamiltoniani e confrontare ciascuno di essi sulla base del peso di ognuno di essi che nell'esempio è il costo totale e scegliere il più economico. Il metodo appena utilizzato, come nel documento viene spiegato, prende il nome di "The

Brute-Force Method” ed ha lo svantaggio che maggiore è il numero dei nodi, più grande sarà il numero di circuiti unici e quindi può essere utilizzato soltanto per grafi piccoli. Il problema viene poi modificato con l’aggiunta di una quinta città (Columbus) e quindi di un quinto nodo, prendendo ora in considerazione altri algoritmi, gli algoritmi approssimati, secondo i quali, a patto di rinunciare alla ricerca di una soluzione ottima, guadagnando in termini di tempo, consentono di ”accontentarsi” di una soluzione buona che può non essere ottima.

Essi sono: the Nearest Neighbor Algorithm (NNA), Repetitive Nearest Neighbor Algorithm (RNNA), Triangle Insertion Algorithm, spiegando per ognuno di loro i passi dell’algoritmo ed inserendo esercizi, domande e attività che colleghino gli algoritmi allo specifico problema e fornendo, in maniera dettagliata e completa, le soluzioni a tutte le domande proposte per il capitolo.

6.3 TSP all'interno di Learn About Operation Research

All’interno del sito [s17], nella parte dedicata agli studenti dai 14 ai 16 anni, sono presenti dieci problemi sviluppati per introdurre la Ricerca Operativa in dieci suoi aspetti, ognuno dei quali è costituito da una presentazione introduttiva del problema, da esercizi per gli alunni e dalle note per gli insegnanti. Il primo di essi, ovvero Travelling Salesman Problema, viene spiegato con un esempio: c’è un corriere che deve fare delle consegne, partendo dalla sede di Luton, ad un certo numero di città in Hertfordshire, prima di tornare al deposito, visitando le città una ed una sola volta, il tutto con il percorso più breve possibile. Il problema è descritto con una presentazione in formato power point,

nella quale le slide introducono il problema in forma grafica, descrivendolo e fornendo tutti i dati necessari per avere una visione completa di ciò che poi si andrà a risolvere.

Nel file che riguarda gli esercizi per gli studenti si trova, oltre la descrizione del problema in termini teorici, la mappa delle città con tutti i collegamenti, una tabella che mostra le distanze tra le città lungo le vie dirette e quindi tutto quello di cui hanno bisogno per risolvere il problema ed identificare la soluzione. Inoltre una serie di domande sulle quali dovranno ragionare, riflettere e confrontarsi con gli altri gruppi. In particolare: *quali vantaggi avrebbe il corriere disponendo di una soluzione "buona" per il problema descritto? Quali altri fattori il corriere dovrebbe prendere in considerazione per ottenere una soluzione ottima? Quali informazioni aggiuntive sarebbero utili avere così da pianificare il percorso migliore in modo più realistico? Quale sarebbe un cambiamento sensibile che si può apportare al problema? Rispondi disegnando un nuovo piano e calcolando la lunghezza della strada..* Per questo problema, come per tutti gli altri, viene fornita una soluzione, una delle possibili soluzioni al problema. Si tratta di un suggerimento e quindi non implica che gli studenti debbano usare lo stesso ragionamento di coloro che hanno sviluppato il problema.

Infine per quanto riguarda l'insegnante, ci sono delle note di supporto all'insegnamento di questo problema vengono suggerite delle domande da sottoporre agli studenti dopo una certa diapositiva della presentazione in Power Point. Ad esempio: *quali informazioni supplementari potrebbero essere necessarie per affrontare il problema? Come si può riassumere il problema? Come si traduce*

questo problema in un altro contesto ad esempio nella biologia? Le note riguardano anche l'attività di problem solving, indicando un tempo di 60 minuti se gli studenti affrontano e risolvono questo problema in gruppo e suggerendo di dedicare la discussione dei lavori eseguiti da tutti i gruppi in lezioni diverse prendendo nota (da parte degli degli insegnanti) di tutto quello che emerge dall'attività, ovvero se il tempo impiegato dai gruppi si discosta molto da quello indicato nelle note, se sono emersi errori relativi al materiale loro fornito e così via.

Conclusioni

Fin dall'avvento della Rivoluzione Industriale il mondo ha assistito ad un rimarcabile aumento delle dimensioni e della complessità delle organizzazioni. Parte integrante di questo rivoluzionario cambiamento sono stati il formidabile incremento della divisione del lavoro e la ripartizione delle responsabilità manageriali nelle organizzazioni. La specializzazione ha tuttavia portato, oltre ai benefici, nuovi problemi e tra questi la tendenza delle varie parti di un'organizzazione a crescere in maniera autonoma, con specifici obiettivi e scale di valori, prendendo coscienza di come le proprie attività e i proprio scopi si intrecciano con quelli dell'intera organizzazione. Ciò che è bene per una parte è spesso dannoso per un'altra; le varie componenti finiscono con l'agire secondo finalità e obiettivi differenti. Inoltre a seguito dell'incremento della complessità e delle specializzazioni di un'organizzazione vi è il sensibile aumento della difficoltà nell'allocazione delle risorse disponibili alle varie attività nella maniera più funzionale per l'intera organizzazione. La risoluzione di questi tipi di problemi ha creato le condizioni per la nascita della Ricerca Operativa. La Ricerca Operativa ha avuto un impatto importantissimo nel migliorare l'efficienza di numerose organizzazioni in tutto il mondo. Negli anni, essa ha dato un signi-

ficativo contributo all'incremento delle capacità produttive delle economie di svariati paesi [14].

Uno degli obiettivi di questo lavoro è stato quello di evidenziare l'importanza di alcune attività di divulgazione della Ricerca Operativa nelle scuole superiori di secondo grado, con particolare attenzione ai progetti attivati negli USA, nel Regno Unito e in Italia. Nei vari capitoli in cui tale tesi è strutturata sono stati presentati gli organi e le associazioni che si occupano di promuovere e diffondere la conoscenza della Ricerca Operativa nel mondo (IFORS), in Europa (EURO), in Italia (AIRO).

Oltre a ciò sono stati analizzati nel dettaglio alcuni progetti, attività e percorsi formativi, rivolti a studenti ed insegnanti, per insegnare la Ricerca Operativa nelle scuole superiori.

Infine, nell'ultimo capitolo è stato scelto uno dei problemi più famosi della Ricerca Operativa, quello del commesso viaggiatore (TSP), per cercare di capire come esso viene presentato agli alunni, con quali termini, concetti e formulazione. Purtroppo in Italia il TSP non è incluso in alcun sussidio didattico per studenti delle scuole superiori di secondo grado, perciò non si è potuto fare un confronto tra HSOR, Learn About Operation Research ed il caso italiano.

Concludo la mia tesi con una breve riessione. Questo argomento mi ha interessato fin da subito, con molto entusiasmo ed impegno mi sono prodigata nel mio tirocinio presso l'Istituto Tecnico Industriale "E. Mattei". Con altrettanto impegno scrupoloso mi sono dedicata alle varie ricerche e alla lettura dei documenti che anche il Prof.re De Leone mi ha procurato di volta in volta. Analizzando attentamente la Ricerca Operativa dal punto di vista della sua

divulgazione in Italia e nel Mondo, è chiaro che in Italia è presente un buco che riguarda in particolare modo il rapporto Ricerca Operativa-scuole superiori di secondo grado. Tutte le iniziative e progetti che attualmente sono attivati in Italia sono importanti ma non sono abbastanza, soprattutto se si paragona questa offerta formativa e didattica con quella presente nel Regno Unito e negli USA. Tuttavia, inserendo la Ricerca Operativa nei programmi ministeriali, creando una più forte collaborazione con le Università, incentivando la partecipazione degli studenti alle varie iniziative che sono da tempo attivate in Italia (ad esempio le gare AIRO), è possibile colmare questo buco e far sì che la divulgazione della Ricerca Operativa in Italia si ponga almeno alla pari di quella già presente in altri stati.

Acronimi

AIRO Associazione Italiana di Ricerca Operativa

ALIO Latin American Ibero Association on Operations Research

APORS The Association of Asian-Pacific Operational Research Societies

EHR Directorate for Education and Human Resources

EURO The Association of European Operational Research Societies

IFORS International Federation of Operational Research Societies

INFORMS The Institute for Operations Research and the Management Sciences

ICT Information and Communication Technology

IRRE Istituto Regionale di Ricerca sull'Educazione

FIMA Federazione Italiana di Matematica Applicata

HSOR High School Operations Research - Mathematics for Decision Making
in Industry and Government

MINDSET Mathematics INstruction using Decision Science and Engineering Tools

MIUR Ministero dell'Istruzione, dell'Università e della Ricerca

NSF National Science Foundation

NORAM The Association of North American Operations Research Societies

NSA National Security Agency

OptLab Laboratorio di Ottimizzazione

OCSE Organisation for Economic Co-operation and Development

OR/MS Operations Research and Management Science

ORS The Operational Research Society of the United Kingdom

ORSA Operations Research Society of America

PISA Programme for International Student Assessment

TIMS The Institute of Management Sciences

TSP Travelling Salesman Problem

Bibliografia

- [1] Francisco Facchinei, Stefano Lucidi e Massimo Roma. *Appunti dalle lezioni di Ricerca Operativa*. Anno Accademico 2005-06.
- [2] Lorenzo Schiavina. *Metodi e strumenti per la modellizzazione aziendale. Come gestire il problem solving e il decision making*. page p 19, Novembre 2006.
- [3] Joseph F. Mc Closkey. *The beginning of Operations Research 1934-1941*. *OPERATIONS RESEARCH di INFORMS*, volume 35(numero 1):pp 143:152, January- February 1987.
- [4] Joseph F. Mc Closkey. *British Operational Research in World War II*. *OPERATIONS RESEARCH di INFORMS*, volume 35(numero 3):pp 453–470, May-June 1987.
- [5] Joseph F. Mc Closkey. *U.S. Operations Research in World War II*. *OPERATIONS RESEARCH di INFORMS*, volume 35(numero 6):pp 910–925, November-December 1987.
- [6] Kenneth R. Chelst e Thomas G. Edwards. *Does this line ever move? Every day applications of Operation Research*. 2005.

-
- [7] Kenneth Chelst, Thomas Edwards, Robert Young, Karen Keene, Karen Norwood e David Pugalee. *When will I ever use this stuff? Operations Research transforms the high school math MINDSET. OR/MS TODAY*, volume 37(numero 4):pp 42–44, Agosto 2010.
- [8] Giovanni Felici e Anna Sciomachen. *Scienza delle decisioni in Italia: applicazione della Ricerca Operativa a problemi aziendali*. 2008.
- [9] Giovanni Righini. *La Ricerca Operativa nelle scuole superiori. AIRO News*, XI(numero 1):pp 3–6, Spring 2006.
- [10] Antonio Sforza, Carlo Sbordone e Claudio Sterle. *A Teaching Strategy for Mathematics Based on Problem Solving. The Training Experience of LOGIMAT Courses in Campania Region. Abstract Book*, pages pp 82–83, September 6-9 2011.
- [11] Antonio Sforza, Carlo Sbordone e Claudio Sterle. *Una strategia per l'insegnamento basata sul Problem Solving. L'esperienza dei corsi LOGIMAT in Campania. Presentazione Power Point*, pages slide 21–24, September 6-9 2011.
- [12] Fabio Schoen. *Modelli di ottimizzazione per decisioni*. 2006.
- [13] Dario Pacciarelli. *Il Problema del Commesso Viaggiatore*.
- [14] Frederick S. Hillier e Gerald J. Liebraman. *Fondamenti di Ricerca Operativa, nona edizione*. 2010.

Sitografia

- [s1] Operations Research, The Science Of Better. <http://www.scienceofbetter.org/>.
- [s2] Department of Education USA. <http://www.ed.gov/>.
- [s3] 12 Manage - All you need to know about management . <http://www.12manage.com/>.
- [s4] Federazione Internazionale delle Società di Ricerca Operativa, IFORS. <http://www.ifors.org>.
- [s5] The Education Resources Commitee. <http://www.umsl.edu/~sauterv/ifors/>.
- [s6] Associazione Latino Ibero Americana delle società di Ricerca Operativa, ALIO. <http://www-2.dc.uba.ar/alio//index-en.htm>.
- [s7] Istituto per la Ricerca Operativa e Scienza delle Decisioni, INFORMS. <http://www.informs.org/>.
- [s8] Earth Times. <http://www.earthtimes.org/>.
- [s9] High School Operations Research. <http://www.hsor.org/>.

- [s10] Mathematics INstruction using Decision Science and Engineering Tools. <http://www.mindsetproject.org/>.
- [s11] National Science Foundation, Directorate for Education and Human Resources (EHR). <http://www.nsf.gov/ehr/about.jsp>.
- [s12] North Carolina State University, NCSU. <http://www.ncsu.edu/>.
- [s13] Associazione Europea delle società di Ricerca Operativa, EURO. <http://www.euro-online.org/web/pages/1/home>.
- [s14] 24 Hous of Operations Research. <http://www.24hor.org/>.
- [s15] The Operational Research Society of the United Kingdom. <http://www.theorsociety.com>.
- [s16] International Abstarcts in Operational Research. <http://www.palgrave-journals.com/iaor/index.html>.
- [s17] Learn About Operation Research. <http://www.learnaboutor.co.uk>.
- [s18] Steer Davies Gleave. <http://www.steerdaviesgleave.com/>.
- [s19] Handling Strategic Problems. <http://www.theorsociety.com/about/teaching/StrategicProblems/index.htm>.
- [s20] TutOR. <http://www.tutor.ms.unimelb.edu.au/>.
- [s21] Operational Research Society Archive 1950-1995. <http://www.warwick.ac.uk/services/library/mrc/ead/335so.htm/>.
- [s22] Maths Careers. <http://www.mathscareers.org.uk/>.

-
- [s23] Universities & Colleges Admissions Service, UCAS. <http://www.ucas.ac.uk/>.
- [s24] Associazione Italiana di Ricerca Operativa, AIRO. <http://www.airo.org/>.
- [s25] Giovanni Righini. <http://www.dti.unimi.it/righini/>.
- [s26] OptLab, Web Page. <http://optlab.dti.unimi.it/>.
- [s27] Alberto Ceselli. <http://www.dti.unimi.it/ceselli/>.
- [s28] LOGIMAT e LOGIMAT2. <http://www.logimat.unina.it/>.
- [s29] Istituto di ricerca di Matematica Discreta di Bonn. <http://www.arithmeum.uni-bonn.de/>.