Data warehouse
Analisi dei dati

Elena Baralis

Politecnico di Torino

Operazioni di analisi dei dati

- Calcolo di funzioni aggregate lungo una o più dimensioni
  - necessità di fornire supporto a diversi tipi di funzione aggregata (esempi: media mobile, top ten)
- Operazioni di confronto, essenziali per confrontare l'andamento degli affari (esempio: confronto dei dati delle vendite in mesi diversi)
  - è difficile eseguire confronti utilizzando solo il linguaggio SQL
- Analisi dei dati mediante tecniche di data mining

Elena Baralis
Politecnico di Torino

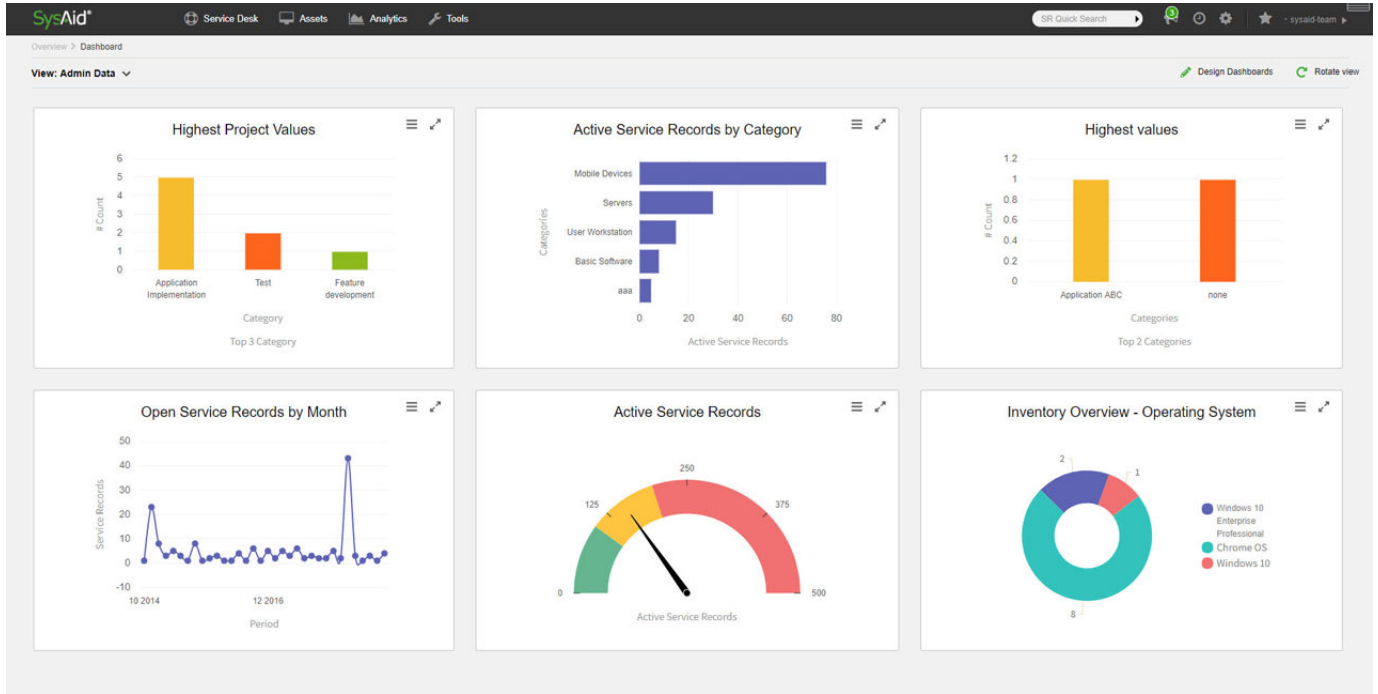
Strumenti di interfaccia

L'utente può interrogare il data warehouse mediante strumenti di vario tipo:

- ambiente controllato di query
- strumenti specifici di query e generazione rapporti
- strumenti di data mining

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Ambiente controllato di query



- Sono definite
  - ricerche complesse con struttura prefissata (normalmente parametrica)
  - procedure specifiche di analisi
  - rapporti con struttura prefissata

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Ambiente controllato di query

- È possibile introdurre elementi specifici del settore economico considerato
- È necessario lo sviluppo di codice ad hoc
  - si utilizzano stored procedures, applicazioni contenute in packages, join e aggregazioni predefinite
  - sono disponibili strumenti flessibili per la gestione della reportistica, che permettono di definire layout, periodicità di pubblicazione, liste di distribuzione

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Ambiente di query ad hoc

- È possibile definire interrogazioni OLAP di tipo arbitrario, progettate al momento dall'utente
  - formulazione delle interrogazioni mediante tecniche point and click, che generano automaticamente istruzioni SQL
  - si possono definire interrogazioni (tipicamente) complesse
  - interfaccia basata sul paradigma dello spreadsheet
- Una sessione di lavoro OLAP permette raffinamenti successivi della stessa interrogazione
- Utile quando i rapporti predefiniti non sono adeguati

Elena Baralis
Politecnico di Torino

OLAP

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Analisi OLAP

- Operazioni di ricerca disponibili
  - roll up, drill down
  - slice and dice
  - pivot di tabelle
  - ordinamento
- Le operazioni possono essere
  - combinate tra loro nella stessa query
  - eseguite in una sequenza di raffinamenti successivi della stessa query che forma la sessione di lavoro OLAP

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Roll up

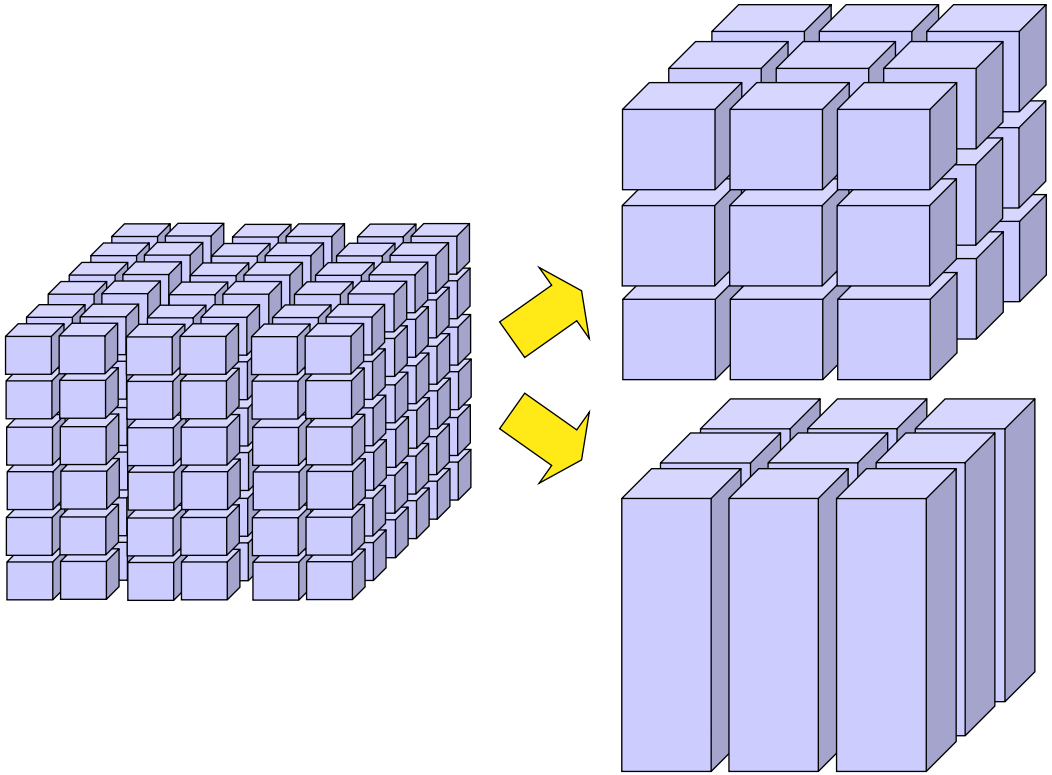
- Riduzione di dettaglio dei dati mediante
  - la riduzione del livello di dettaglio di una delle dimensioni presenti, con l'aumento di livello in una gerarchia
    - esempio

      group by negozio, mese → group by città, mese
  - l'eliminazione di una delle dimensioni presenti
    - esempio

      group by prodotto, città → group by prodotto

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Roll up



Tratto da Golfarelli, Rizzi,"Data warehouse, teoria e pratica della progettazione", McGraw Hill 2006

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Roll up

Metrics / Customer Region / Month	Dollar Sales										
	North-East	Mid-Atlantic	South-East	Central	South	North-West	South-West	England	France	Germany	Canada
Jan 97	$ 620	$ 753	$ 30	$ 660	$ 2.405	$ 1.312	$ 440	$ 1.002	$ 1.002	$ 383	$ 210
Feb 97	$ 258	$ 252	$ 800	$ 975	$ 160	$ 582	$ 744	$ 310	$ 799	$ 118	$ 357
Mar 97	$ 648	$ 244	$ 148	$ 250	$ 1.085	$ 2.961	$ 650	$ 1.240	$ 119	$ 142	$ 96
Apr 97	$ 787	$ 588	$ 447	$ 486	$ 226	$ 506	$ 601	$ 119	$ 550	$ 85	
May 97	$ 1.350	$ 245	$ 936	$ 159	$ 664	$ 626	$ 107	$ 135	$ 200	$ 177	$ 230
Jun 97	$ 842	$ 582	$ 1.281	$ 937	$ 240	$ 774	$ 176	$ 1.139	$ 652	$ 254	$ 745
Jul 97	$ 652	$ 690	$ 486	$ 1.293	$ 605	$ 303	$ 818	$ 103	$ 124	$ 173	$ 66
Aug 97	$ 1.783	$ 304	$ 1.032	$ 170	$ 398	$ 356	$ 432	$ 190	$ 241	$ 407	$ 259
Sep 97	$ 581	$ 778	$ 3.558	$ 587	$ 440	$ 1.652	$ 1.071	$ 315	$ 210	$ 202	
Oct 97	$ 2.291	$ 1.840	$ 600	$ 656	$ 1.300	$ 718	$ 1.210	$ 427	$ 220	$ 520	$ 65
Nov 97	$ 39	$ 1.602	$ 1.082	$ 1.187	$ 842	$ 759	$ 745	$ 232	$ 101	$ 1.037	$ 37
Dec 97	$ 381	$ 1.588	$ 343	$ 118	$ 1.459	$ 635	$ 2.021	$ 259	$ 210	$ 119	$ 189
Jan 98	$ 311	$ 1.174	$ 2.634	$ 3.130	$ 954	$ 2.083	$ 1.351	$ 747	$ 426	$ 447	$ 1.141
Feb 98	$ 2.518	$ 702	$ 1.123	$ 1.336	$ 1.227	$ 3.887	$ 545	$ 268	$ 277	$ 282	
Mar 98	$ 2.459	$ 1.523	$ 1.178	$ 4.708	$ 1.420	$ 3.514	$ 1.948	$ 1.705	$ 276	$ 1.168	$ 63
Apr 98	$ 407	$ 841	$ 524	$ 712	$ 133	$ 2.486	$ 49	$ 390	$ 1.298	$ 221	$ 46
May 98	$ 667	$ 1.721	$ 440	$ 148	$ 80	$ 1.310	$ 303	$ 104	$ 657	$ 65	
Jun 98	$ 699	$ 1.096	$ 898	$ 353	$ 902	$ 839		$ 230	$ 155	$ 105	$ 75
Jul 98	$ 586	$ 1.897	$ 412	$ 226	$ 406	$ 361	$ 1.628	$ 267	$ 1.011	$ 41	$ 184
Aug 98	$ 894	$ 326	$ 792	$ 1.832	$ 1.199	$ 295	$ 1.816	$ 277	$ 102	$ 118	$ 115
Sep 98	$ 338	$ 3.179	$ 505	$ 427	$ 99	$ 2.976	$ 885	$ 135	$ 85	$ 1.110	$ 510
Oct 98	$ 544	$ 413	$ 1.467	$ 209	$ 679	$ 706	$ 556	$ 480	$ 485	$ 99	$ 160
Nov 98	$ 671	$ 459	$ 1.471	$ 2.066	$ 701	$ 716	$ 986	$ 1.127	$ 154	$ 440	$ 361
Dec 98	$ 836	$ 2.096	$ 1.726	$ 3.642	$ 395	$ 1.740	$ 1.943	$ 1.143	$ 366	$ 307	$ 118

Trimestre, Area

Metrics / Customer Region / Quarter	Dollar Sales										
	North-East	Mid-Atlantic	South-East	Central	South	North-West	South-West	England	France	Germany	Canada
Q1 1997	$ 1.526	$ 1.249	$ 978	$ 1.885	$ 3.650	$ 4.855	$ 1.834	$ 2.552	$ 1.920	$ 643	$ 663
Q2 1997	$ 2.979	$ 1.415	$ 2.664	$ 1.582	$ 1.130	$ 1.906	$ 884	$ 1.393	$ 1.402	$ 516	$ 975
Q3 1997	$ 3.016	$ 1.772	$ 5.076	$ 2.050	$ 1.443	$ 2.311	$ 2.321	$ 608	$ 575	$ 782	$ 325
Q4 1997	$ 2.711	$ 5.030	$ 2.025	$ 1.961	$ 3.601	$ 2.112	$ 3.976	$ 918	$ 531	$ 1.676	$ 291
Q1 1998	$ 5.288	$ 3.399	$ 4.935	$ 9.174	$ 3.601	$ 9.484	$ 3.844	$ 2.720	$ 979	$ 1.897	$ 1.204
Q2 1998	$ 1.773	$ 3.658	$ 1.862	$ 1.213	$ 1.115	$ 4.635	$ 352	$ 724	$ 2.110	$ 391	$ 121
Q3 1998	$ 1.818	$ 5.402	$ 1.709	$ 2.485	$ 1.704	$ 3.632	$ 4.329	$ 679	$ 1.198	$ 1.269	$ 809
Q4 1998	$ 2.051	$ 2.968	$ 4.664	$ 5.917	$ 1.775	$ 3.162	$ 3.485	$ 2.750	$ 1.005	$ 846	$ 639

Tratto da Golfarelli, Rizzi,"Data warehouse, teoria e pratica della progettazione", McGraw Hill 2006

Roll up

Category	Year	Metrics / Customer Region	Dollar Sales: North-East	Mid-Atlantic	South-East	Central	South	North-West	South-West	England	France	Germa
Electronics	1997		$ 138	$ 1.774	$ 384	$ 138	$ 2.346	$ 2.554	$ 2.184	$ 566	$ 199	$
	1998		$ 1.184	$ 4.529	$ 1.892	$ 7.232	$ 651	$ 9.488	$ 476	$ 2.683	$ 462	$ 7
Food	1997		$ 759	$ 682	$ 729	$ 262	$ 588	$ 469	$ 807	$ 156	$ 615	$ 1
	1998		$ 538	$ 925	$ 959	$ 677	$ 213	$ 1.503	$ 261	$ 165	$ 175	$ 1
Gifts	1997		$ 2.532	$ 1.355	$ 1.854	$ 1.413	$ 2.535	$ 2.132	$ 1.904	$ 908	$ 375	$ 1.0
	1998		$ 1.955	$ 2.785	$ 2.800	$ 2.695	$ 1.813	$ 2.844	$ 1.778	$ 1.158	$ 717	$ 6
Health & Beauty	1997		$ 624	$ 640	$ 1.317	$ 647	$ 588	$ 754	$ 654	$ 143	$ 292	$ 3
	1998		$ 611	$ 887	$ 566	$ 382	$ 499	$ 1.162	$ 1.044	$ 273	$ 72	
Household	1997		$ 5.354	$ 4.112	$ 5.410	$ 4.446	$ 3.058	$ 3.974	$ 2.654	$ 3.545	$ 2.875	$ 1.9
	1998		$ 5.787	$ 5.320	$ 5.416	$ 6.812	$ 4.334	$ 5.008	$ 7.588	$ 2.139	$ 3.649	$ 2.7
Kid's Korner	1997		$ 201	$ 398	$ 485	$ 186	$ 409	$ 323	$ 396	$ 105	$ 34	$
	1998		$ 247	$ 422	$ 441	$ 380	$ 221	$ 592	$ 290	$ 198	$ 19	$
Travel	1997		$ 624	$ 505	$ 564	$ 386	$ 300	$ 978	$ 416	$ 48	$ 38	
	1998		$ 608	$ 559	$ 1.096	$ 611	$ 464	$ 316	$ 573	$ 257	$ 198	$

Category	Year	Metrics / Dollar Sales
Electronics	1997	$ 10.616
	1998	$ 29.299
Food	1997	$ 5.300
	1998	$ 5.638
Gifts	1997	$ 16.315
	1998	$ 20.047
Health & Beauty	1997	$ 6.042
	1998	$ 5.665
Household	1997	$ 38.383
	1998	$ 50.391
Kid's Korner	1997	$ 2.559
	1998	$ 2.943
Travel	1997	$ 4.497
	1998	$ 4.792

Categoria, Anno

Tratto da Golfarelli, Rizzi,"Data warehouse, teoria e pratica della progettazione", McGraw Hill 2006

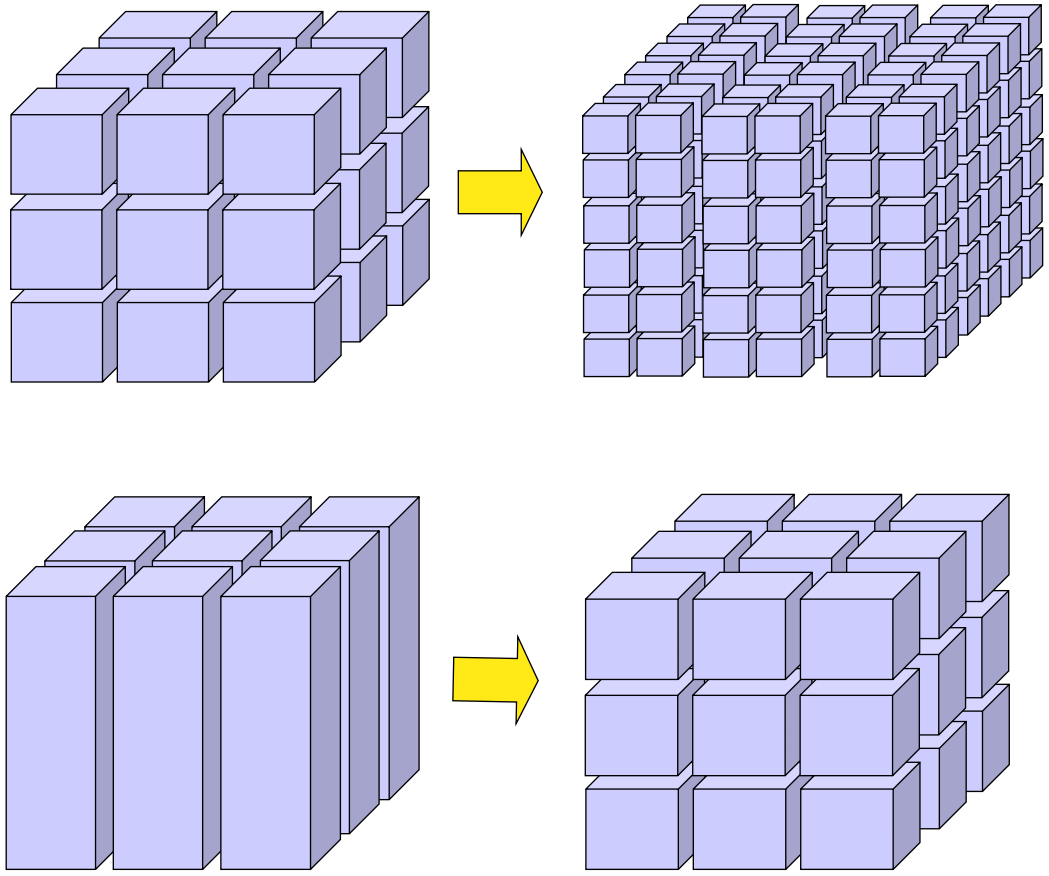
Elena Baralis
Politecnico di Torino

Drill down

- Aumento di dettaglio dei dati mediante
  - l'aumento del livello di dettaglio di una delle dimensioni presenti, con la riduzione di livello in una gerarchia
    - esempio: da raggruppamento per città e mese a raggruppamento per negozio e mese
  - l'aggiunta di una nuova dimensione
    - esempio: da raggruppamento per città, raggruppamento per città e prodotto
- Spesso il drill down opera su un sottoinsieme dei dati di partenza

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Drill down



Tratto da Golfarelli, Rizzi,"Data warehouse, teoria e pratica della progettazione", McGraw Hill 2006

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Drill down

Quarter	Metrics / Customer Region	North-East	Mid-Atlantic	South-East	Central	South	North-West	South-West	England	France	Germany	Canada
	Dollar Sales											
Q1 1997		$ 1.526	$ 1.249	$ 978	$ 1.885	$ 3.650	$ 4.855	$ 1.834	$ 2.552	$ 1.920	$ 643	$ 663
Q2 1997		$ 2.979	$ 1.415	$ 2.664	$ 1.582	$ 1.130	$ 1.906	$ 884	$ 1.393	$ 1.402	$ 516	$ 975
Q3 1997		$ 3.016	$ 1.772	$ 5.076	$ 2.050	$ 1.443	$ 2.311	$ 2.321	$ 608	$ 575	$ 782	$ 325
Q4 1997		$ 2.711	$ 5.030	$ 2.025	$ 1.961	$ 3.601	$ 2.112	$ 3.976	$ 918	$ 531	$ 1.676	$ 291
Q1 1998		$ 5.288	$ 3.399	$ 4.935	$ 9.174	$ 3.601	$ 9.484	$ 3.844	$ 2.720	$ 979	$ 1.897	$ 1.204
Q2 1998		$ 1.773	$ 3.658	$ 1.862	$ 1.213	$ 1.115	$ 4.635	$ 352	$ 724	$ 2.110	$ 391	$ 121
Q3 1998		$ 1.818	$ 5.402	$ 1.709	$ 2.485	$ 1.704	$ 3.632	$ 4.329	$ 679	$ 1.198	$ 1.269	$ 809
Q4 1998		$ 2.051	$ 2.968	$ 4.664	$ 5.917	$ 1.775	$ 3.162	$ 3.485	$ 2.750	$ 1.005	$ 846	$ 639

Quarter	Metrics / Customer City	Arlin	San Pedro	Springfield	Chappel Hill	Scranburg	Pebble Beach	Martinsville	Maddon	Peoria	Pecos	Lake Barkley	Alcameda	Fingers Lake	S
	Dollar Sales														
Q1 1997		$ 675										$ 39			
Q2 1997					$ 203					$ 53				$ 135	
Q3 1997					$ 276								$ 252	$ 63	
Q4 1997		$ 215	$ 124			$ 113	$ 45	$ 192	$ 348				$ 79	$ 98	
Q1 1998				$ 140	$ 174			$ 85				$ 237	$ 30	$ 119	
Q2 1998									$ 12	$ 17					
Q3 1998		$ 734					$ 25	$ 1.535							
Q4 1998							$ 219	$ 119	$ 142		$ 85	$ 1.533			

Trimestre, Area

Tratto da Golfarelli, Rizzi,"Data warehouse, teoria e pratica della progettazione", McGraw Hill 2006

Drill down

	Metrics	Dollar Sales	
	Year	1997	1998
Category			
Electronics		$ 10.616	$ 29.299
Food		$ 5.300	$ 5.638
Gifts		$ 16.315	$ 20.047
Health & Beauty		$ 6.042	$ 5.665
Household		$ 38.383	$ 50.391
Kid's Korner		$ 2.559	$ 2.943
Travel		$ 4.497	$ 4.792

Categoria, Anno

Metrics	Dollar Sales											
Customer Region	North-East		Mid-Atlantic		South-East		Central		South		North-West	
Year	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998
Category												
Electronics	$ 138	$ 1.184	$ 1.774	$ 4.529	$ 384	$ 1.892	$ 138	$ 7.232	$ 2.346	$ 651	$ 2.554	$ 9.488
Food	$ 759	$ 538	$ 682	$ 925	$ 729	$ 959	$ 262	$ 677	$ 588	$ 213	$ 469	$ 1.503
Gifts	$ 2.532	$ 1.955	$ 1.355	$ 2.785	$ 1.854	$ 2.800	$ 1.413	$ 2.695	$ 2.535	$ 1.813	$ 2.132	$ 2.844
Health & Beauty	$ 624	$ 611	$ 640	$ 887	$ 1.317	$ 566	$ 647	$ 382	$ 588	$ 499	$ 754	$ 1.162
Household	$ 5.354	$ 5.787	$ 4.112	$ 5.320	$ 5.410	$ 5.416	$ 4.446	$ 6.812	$ 3.058	$ 4.334	$ 3.974	$ 5.008
Kid's Korner	$ 201	$ 247	$ 398	$ 422	$ 485	$ 441	$ 186	$ 380	$ 409	$ 221	$ 323	$ 592
Travel	$ 624	$ 608	$ 505	$ 559	$ 564	$ 1.096	$ 386	$ 611	$ 300	$ 464	$ 978	$ 316

Categoria, Anno, Area

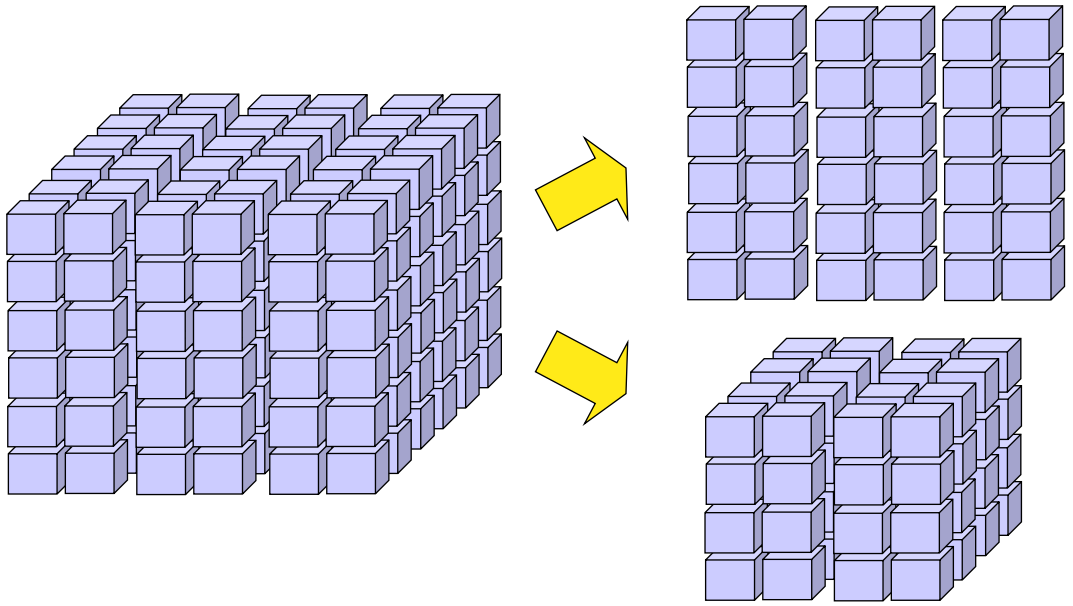
Tratto da Golfarelli, Rizzi,"Data warehouse, teoria e pratica della progettazione", McGraw Hill 2006

Slice and dice

- Riduzione del volume dei dati da analizzare
  - selezione di un sottoinsieme mediante predicati
    - slice: predicato di uguaglianza che seleziona una “fetta”
      - esempio: Anno=2005
    - dice: combinazione di predicati che seleziona un “cubetto”
      - esempio: Categoria=‘Alimentari’ and Città=‘Torino’

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Slice and dice



Tratto da Golfarelli, Rizzi,"Data warehouse, teoria e pratica della progettazione", McGraw Hill 2006

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Slice and dice

Category	Year	Metrics / Customer Region	Dollar Sales: North-East	Mid-Atlantic	South-East	Central	South	North-West	South-West	England	France	Germa
Electronics	1997		$ 138	$ 1.774	$ 384	$ 138	$ 2.346	$ 2.554	$ 2.184	$ 566	$ 199	$
	1998		$ 1.184	$ 4.529	$ 1.892	$ 7.232	$ 651	$ 9.488	$ 476	$ 2.683	$ 462	$ 7
Food	1997		$ 759	$ 682	$ 729	$ 262	$ 588	$ 469	$ 807	$ 156	$ 615	$ 1
	1998		$ 538	$ 925	$ 959	$ 677	$ 213	$ 1.503	$ 261	$ 165	$ 175	$ 1
Gifts	1997		$ 2.532	$ 1.355	$ 1.854	$ 1.413	$ 2.535	$ 2.132	$ 1.904	$ 908	$ 375	$ 1.0
	1998		$ 1.955	$ 2.785	$ 2.800	$ 2.695	$ 1.813	$ 2.844	$ 1.778	$ 1.158	$ 717	$ 6
Health & Beauty	1997		$ 624	$ 640	$ 1.317	$ 647	$ 588	$ 754	$ 654	$ 143	$ 292	$ 3
	1998		$ 611	$ 887	$ 566	$ 382	$ 499	$ 1.162	$ 1.044	$ 273	$ 72	
Household	1997		$ 5.354	$ 4.112	$ 5.410	$ 4.446	$ 3.058	$ 3.974	$ 2.654	$ 3.545	$ 2.875	$ 1.9
	1998		$ 5.787	$ 5.320	$ 5.416	$ 6.812	$ 4.334	$ 5.008	$ 7.588	$ 2.139	$ 3.649	$ 2.7
Kid's Korner	1997		$ 201	$ 398	$ 485	$ 186	$ 409	$ 323	$ 396	$ 105	$ 34	$
	1998		$ 247	$ 422	$ 441	$ 380	$ 221	$ 592	$ 290	$ 198	$ 19	$
Travel	1997		$ 624	$ 505	$ 564	$ 386	$ 300	$ 978	$ 416	$ 48	$ 38	
	1998		$ 608	$ 559	$ 1.096	$ 611	$ 464	$ 316	$ 573	$ 257	$ 198	$

Filter Details:
Year = 1998

Category	Metrics / Customer Region	Dollar Sales: North-East	Mid-Atlantic	South-East	Central	South	North-West	South-West	England	France	Germany	Ca
Electronics		$ 1.184	$ 4.529	$ 1.892	$ 7.232	$ 651	$ 9.488	$ 476	$ 2.683	$ 462	$ 702	
Food		$ 538	$ 925	$ 959	$ 677	$ 213	$ 1.503	$ 261	$ 165	$ 175	$ 100	
Gifts		$ 1.955	$ 2.785	$ 2.800	$ 2.695	$ 1.813	$ 2.844	$ 1.778	$ 1.158	$ 717	$ 686	
Health & Beauty		$ 611	$ 887	$ 566	$ 382	$ 499	$ 1.162	$ 1.044	$ 273	$ 72		
Household		$ 5.787	$ 5.320	$ 5.416	$ 6.812	$ 4.334	$ 5.008	$ 7.588	$ 2.139	$ 3.649	$ 2.791	$
Kid's Korner		$ 247	$ 422	$ 441	$ 380	$ 221	$ 592	$ 290	$ 198	$ 19	$ 69	
Travel		$ 608	$ 559	$ 1.096	$ 611	$ 464	$ 316	$ 573	$ 257	$ 198	$ 55	

Anno=1998

Tratto da Golfarelli, Rizzi,"Data warehouse, teoria e pratica della progettazione", McGraw Hill 2006

Slice and dice

Metrics / Customer City / Subcategory	Dollar Sales											
	Afton	Akron	Albon	Alcameda	Alka	Allagash	Alta	Altoola	Amestra	Amsterdam	Andersonville	Annap
Audio						$ 85						
Automotive								$ 30				
Chocolate	$ 42	$ 42		$ 50		$ 20		$ 22	$ 44			$
Christmas	$ 30					$ 25	$ 30	$ 15				
Classic Toys						$ 7	$ 26				$ 38	
Coffee			$ 9									
Comfort				$ 59		$ 59						
Furniture							$ 485					
Gadgets							$ 199	$ 79	$ 79			
Games & Puzzles							$ 17		$ 45		$ 45	
Gift Baskets			$ 55	$ 43								$
Golf	$ 25							$ 25	$ 14		$ 25	
Hearth									$ 15			
Jewelry	$ 75			$ 189		$ 24	$ 77	$ 189	$ 24			
Kitchen						$ 55	$ 21		$ 76			$
Lawn & Garden	$ 75		$ 100		$ 15	$ 63	$ 100		$ 180	$ 67	$ 40	$
Learning	$ 16							$ 37				
Meat & Cheese		$ 40		$ 20			$ 20				$ 25	
Miscellaneous		$ 200	$ 1.320		$ 200	$ 139			$ 993			
Natural Remedies	$ 13								$ 13			
Pets	$ 215		$ 26			$ 30	$ 68	$ 115	$ 25		$ 34	$
Plants & Flowers	$ 65	$ 65	$ 65				$ 50	$ 60				$
Safety & Security								$ 30	$ 22	$ 22		
Skin Care												
Sleeping			$ 18									
Toys & Accessories							$ 29	$ 185	$ 744			$

Filter Details:
Category = Electronics
AND
Dollar Sales > 80
AND
Customer Region = North-West
AND
Year = 1997

Metrics / Customer City / Subcategory	Dollar Sales					
	Alta	Armstrong	Avery Heights	Lane	Mt. Everest	San Fransisco
Audio		$ 98		$ 123	$ 85	
Comfort			$ 118		$ 1.495	
Gadgets	$ 199					$ 199

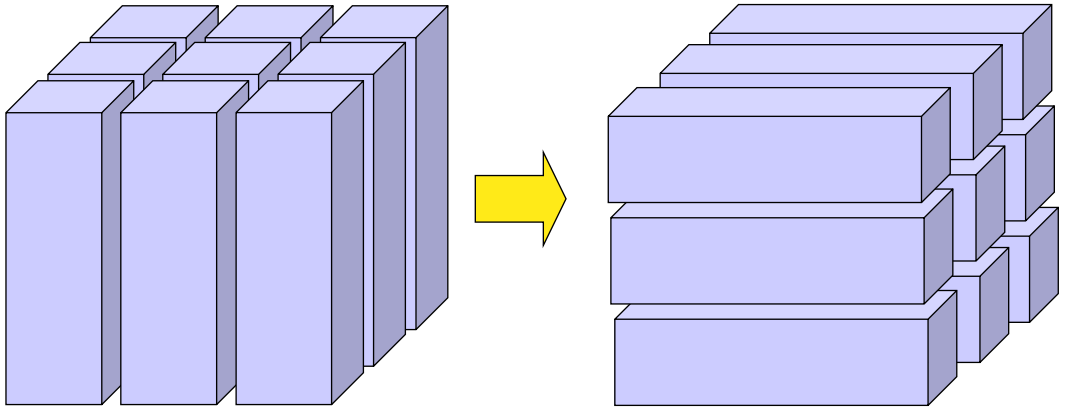
Tratto da Golfarelli, Rizzi,"Data warehouse, teoria e pratica della progettazione", McGraw Hill 2006

Pivot

- Riorganizzazione dell'orientamento della struttura multidimensionale senza variare il livello di dettaglio
  - permette una visualizzazione più chiara delle stesse informazioni
  - la rappresentazione dei dati multidimensionali rimane sotto forma di "griglia"
    - due dimensioni sono gli assi principali della griglia
    - varia la posizione delle dimensioni nella griglia

Elena Baralis
Politecnico di Torino

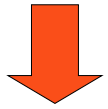
Pivot



Tratto da Golfarelli, Rizzi,"Data warehouse, teoria e pratica della progettazione", McGraw Hill 2006

Pivot

Category	Year	Metrics	Dollar Sales
Electronics	1997		$ 10.616
	1998		$ 29.299
Food	1997		$ 5.300
	1998		$ 5.638
Gifts	1997		$ 16.315
	1998		$ 20.047
Health & Beauty	1997		$ 6.042
	1998		$ 5.665
Household	1997		$ 38.383
	1998		$ 50.391
Kid's Korner	1997		$ 2.559
	1998		$ 2.943
Travel	1997		$ 4.497
	1998		$ 4.792



Category	Metrics / Year	Dollar Sales 1997	Dollar Sales 1998
Electronics		$ 10.616	$ 29.299
Food		$ 5.300	$ 5.638
Gifts		$ 16.315	$ 20.047
Health & Beauty		$ 6.042	$ 5.665
Household		$ 38.383	$ 50.391
Kid's Korner		$ 2.559	$ 2.943
Travel		$ 4.497	$ 4.792

Tratto da Golfarelli, Rizzi,"Data warehouse, teoria e pratica della progettazione", McGraw Hill 2006

Pivot

Metrics	Dollar Sales									
Customer Region	North-East	Mid-Atlantic	South-East	Central	South	North-West	South-West	England	France	Germa
Category Year										
Electronics 1997	$ 138	$ 1.774	$ 384	$ 138	$ 2.346	$ 2.554	$ 2.184	$ 566	$ 199	$
1998	$ 1.184	$ 4.529	$ 1.892	$ 7.232	$ 651	$ 9.488	$ 476	$ 2.683	$ 462	$ 7
Food 1997	$ 759	$ 682	$ 729	$ 262	$ 588	$ 469	$ 807	$ 156	$ 615	$ 1
1998	$ 538	$ 925	$ 959	$ 677	$ 213	$ 1.503	$ 261	$ 165	$ 175	$ 1
Gifts 1997	$ 2.532	$ 1.355	$ 1.854	$ 1.413	$ 2.535	$ 2.132	$ 1.904	$ 908	$ 375	$ 1.0
1998	$ 1.955	$ 2.785	$ 2.800	$ 2.695	$ 1.813	$ 2.844	$ 1.778	$ 1.158	$ 717	$ 6
Health & Beauty 1997	$ 624	$ 640	$ 1.317	$ 647	$ 588	$ 754	$ 654	$ 143	$ 292	$ 3
1998	$ 611	$ 887	$ 566	$ 382	$ 499	$ 1.162	$ 1.044	$ 273	$ 72	
Household 1997	$ 5.354	$ 4.112	$ 5.410	$ 4.446	$ 3.058	$ 3.974	$ 2.654	$ 3.545	$ 2.875	$ 1.9
1998	$ 5.787	$ 5.320	$ 5.416	$ 6.812	$ 4.334	$ 5.008	$ 7.588	$ 2.139	$ 3.649	$ 2.7
Kid's Korner 1997	$ 201	$ 398	$ 485	$ 186	$ 409	$ 323	$ 396	$ 105	$ 34	$
1998	$ 247	$ 422	$ 441	$ 380	$ 221	$ 592	$ 290	$ 198	$ 19	$
Travel 1997	$ 624	$ 505	$ 564	$ 386	$ 300	$ 978	$ 416	$ 48	$ 38	
1998	$ 608	$ 559	$ 1.096	$ 611	$ 464	$ 316	$ 573	$ 257	$ 198	$

Metrics	Dollar Sales												
Customer Region	North-East		Mid-Atlantic		South-East		Central		South		North-West		S
Year	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	1997	1998	
Category													
Electronics	$ 138	$ 1.184	$ 1.774	$ 4.529	$ 384	$ 1.892	$ 138	$ 7.232	$ 2.346	$ 651	$ 2.554	$ 9.488	$
Food	$ 759	$ 538	$ 682	$ 925	$ 729	$ 959	$ 262	$ 677	$ 588	$ 213	$ 469	$ 1.503	
Gifts	$ 2.532	$ 1.955	$ 1.355	$ 2.785	$ 1.854	$ 2.800	$ 1.413	$ 2.695	$ 2.535	$ 1.813	$ 2.132	$ 2.844	$
Health & Beauty	$ 624	$ 611	$ 640	$ 887	$ 1.317	$ 566	$ 647	$ 382	$ 588	$ 499	$ 754	$ 1.162	
Household	$ 5.354	$ 5.787	$ 4.112	$ 5.320	$ 5.410	$ 5.416	$ 4.446	$ 6.812	$ 3.058	$ 4.334	$ 3.974	$ 5.008	$
Kid's Korner	$ 201	$ 247	$ 398	$ 422	$ 485	$ 441	$ 186	$ 380	$ 409	$ 221	$ 323	$ 592	
Travel	$ 624	$ 608	$ 505	$ 559	$ 564	$ 1.096	$ 386	$ 611	$ 300	$ 464	$ 978	$ 316	

Tratto da Golfarelli, Rizzi,"Data warehouse, teoria e pratica della progettazione", McGraw Hill 2006

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Estensioni del linguaggio SQL

Elena Baralis

Politecnico di Torino

Estensioni del linguaggio SQL

- Gli strumenti di interfaccia richiedono
  - nuove funzioni aggregate
    - funzioni aggregate utilizzate per le analisi economiche (media mobile, mediana, ...)
    - posizione nell'ordinamento
  - funzioni per la generazione di rapporti
    - definizione di totali parziali e cumulativi
- Lo standard ANSI ha accettato la proposta di nuove funzioni OLAP
  - incorporate nei prodotti a partire da DB2 UDB 7.1, Oracle 8i v2

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Estensioni del linguaggio SQL

- Gli strumenti di interfaccia richiedono
  - operatori per il calcolo di più raggruppamenti (group by) diversi nello stesso momento
- Lo standard SQL-99 (SQL3) ha esteso la clausola group by di SQL

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Base di dati di esempio

Vendite(Città,Mese,Importo)

Città	Mese	Importo
Milano	7	110
Milano	8	10
Milano	9	70
Milano	10	90
Milano	11	35
Milano	12	135
Torino	7	70
Torino	8	35
Torino	9	80
Torino	10	95
Torino	11	50
Torino	12	120

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Funzioni OLAP in SQL

- Nuova classe di funzioni aggregate (funzioni OLAP) caratterizzate da:
  - **finestra di calcolo**, all'interno di cui è possibile specificare il calcolo di funzioni aggregate
    - possibilità di calcolare totali cumulativi e media mobile
  - nuove funzioni aggregate per ricavare la posizione nell'ordinamento (**ranking**)

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Finestra di calcolo

- Nuova clausola **`window`** caratterizzata da:
  - *partizionamento*: divide le righe in gruppi, senza collassarle (diverso da **`group by`**)
    - assenza di partizionamento: un solo gruppo
  - *ordinamento delle righe* separatamente all'interno di ogni partizione (simile a **`order by`**)
  - *finestra di aggregazione*: definisce il gruppo di righe su cui l'aggregato è calcolato, per ciascuna riga della partizione

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Esempio

- Visualizzare, per ogni città e mese
  - l'importo delle vendite
  - la media rispetto al mese corrente e ai due mesi precedenti, separatamente per ogni città

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Esempio

- Partizionamento in base alla città
  - il calcolo della media è azzerato ogni volta che cambia la città
- Ordinamento in base al mese per calcolare la media mobile sul mese corrente insieme ai due mesi precedenti
  - senza ordinamento, il calcolo sarebbe privo di significato
- Dimensione della finestra di calcolo: riga corrente e le due righe precedenti

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Esempio

```
SELECT Città, Mese, Importo,
       AVG(Importo) OVER Wavg AS MediaMobile
FROM Vendite
WINDOW Wavg AS (PARTITION BY Città
                ORDER BY Mese
                ROWS 2 PRECEDING)
```


Elena Baralis
Politecnico di Torino

Esempio

```
SELECT Città, Mese, Importo,
       AVG(Importo) OVER (PARTITION BY Città
                          ORDER BY Mese
                            ROWS 2 PRECEDING)
         AS MediaMobile
FROM Vendite
```


Elena Baralis
Politecnico di Torino

Risultato

Città	Mese	Importo	MediaMobile
Milano	7	110	110
Milano	8	10	60
Milano	9	90	70
Milano	10	80	60
Milano	11	40	60
Milano	12	140	90
Torino	7	70	70
Torino	8	30	50
Torino	9	80	60
Torino	10	100	70
Torino	11	50	60
Torino	12	150	100

Partizione 1

Partizione 2

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Osservazioni

- E` necessario specificare l'ordinamento, perché l'aggregazione richiesta utilizza le righe in modo ordinato
  - l'ordinamento indicato non corrisponde ad un ordine predefinito delle righe in output
- Quando la finestra è incompleta, il calcolo è effettuato sulla parte presente
  - è possibile specificare che, se la finestra è incompleta, il risultato deve essere **`NULL`**
- E` possibile specificare più finestre di calcolo diverse

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Finestra di aggregazione

- La finestra mobile su cui è effettuato il calcolo dell'aggregato può essere definita
  - a *livello fisico*, formando il gruppo mediante conteggio delle righe
    - esempio: la riga corrente e le due righe precedenti
  - a *livello logico*, formando il gruppo in base alla definizione di un intervallo intorno alla chiave di ordinamento
    - esempio: il mese corrente e i due mesi precedenti

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Definizione intervallo fisico

- Tra un estremo inferiore e la riga corrente

```
ROWS 2 PRECEDING
```

- Tra un estremo inferiore e uno superiore

```
ROWS BETWEEN 1 PRECEDING AND 1 FOLLOWING
ROWS BETWEEN 3 PRECEDING AND 1 PRECEDING
```

- Tra l'inizio (o la fine) della partizione e la riga corrente

```
ROWS UNBOUNDED PRECEDING (o FOLLOWING)
```


Elena Baralis
Politecnico di Torino

Raggruppamento fisico

- Adatto per dati che non hanno interruzioni nella sequenza
  - esempio: non manca nessun mese nella sequenza
  - è possibile specificare più di una chiave di ordinamento
    - il raggruppamento ignora le separazioni
    - esempio: ordinamento per mese e anno
  - non occorrono formule per specificare come calcolare la finestra

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Definizione intervallo logico

- Si utilizza il costrutto **`range`**, con la stessa sintassi dell'intervallo fisico
- E` necessario definire la distanza tra gli estremi dell'intervallo e il valore corrente sulla chiave di ordinamento
- Esempio

```
ORDER BY MONTH
RANGE 2 PRECEDING
```


Elena Baralis
Politecnico di Torino

Raggruppamento logico

- Adatto per dati “sparsi”, che hanno interruzioni nella sequenza
  - esempio: manca un mese nella sequenza
  - non è possibile specificare più di una chiave di ordinamento
  - è possibile utilizzare solo tipi di dato numerici o data come chiave di ordinamento (consentono di scrivere espressioni aritmetiche)

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Applicazioni

- Calcolo di aggregati mobili
  - l'aggregato è calcolato su una finestra che "scorre" sui dati
  - esempi: media mobile, somma mobile
- Calcolo di totali cumulativi
  - il totale (cumulativo) è incrementato aggiungendo una riga alla volta
- Confronto tra dati dettagliati e dati complessivi

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Calcolo di totali cumulativi

- Visualizzare, per ogni città e mese
  - l'importo delle vendite
  - l'importo cumulativo delle vendite al trascorrere dei mesi, separatamente per ogni città

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Calcolo di totali cumulativi

- Partizionamento in base alla città
  - il calcolo della somma cumulativa è azzerato ogni volta che cambia la città
- Ordinamento (crescente) in base al mese per calcolare la somma al passare dei mesi
  - senza ordinamento, il calcolo sarebbe privo di significato
- Dimensione della finestra di calcolo: dalla riga iniziale della partizione alla riga corrente

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Calcolo di totali cumulativi

```
SELECT Città, Mese, Importo,
       SUM(Importo) OVER (PARTITION BY Città
                          ORDER BY Mese
                          ROWS UNBOUNDED PRECEDING)
       AS SommaCumul
FROM Vendite
```


Elena Baralis
Politecnico di Torino

Calcolo di totali cumulativi: risultato

Città	Mese	Importo	SommaCumul	
Milano	7	110	110	Partizione 1
Milano	8	10	120	
Milano	9	90	210	
Milano	10	80	290	
Milano	11	40	330	
Milano	12	140	470	
Torino	7	70	70	Partizione 2
Torino	8	30	100	
Torino	9	80	180	
Torino	10	100	280	
Torino	11	50	330	
Torino	12	150	480	

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Confronto tra dati dettagliati e dati complessivi

- Visualizzare, per ogni città e mese
  - l'importo delle vendite
  - l'importo totale delle vendite sul periodo completo per la città corrente

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Confronto tra dati dettagliati e dati complessivi

- Partizionamento in base alla città
  - il calcolo del totale complessivo è azzerato ogni volta che cambia la città
- Non è necessario l'ordinamento
  - il totale complessivo è calcolato indipendentemente dall'ordinamento
- Non è necessaria la finestra di calcolo
  - è l'intera partizione

Elena Baralis
Politecnico di Torino

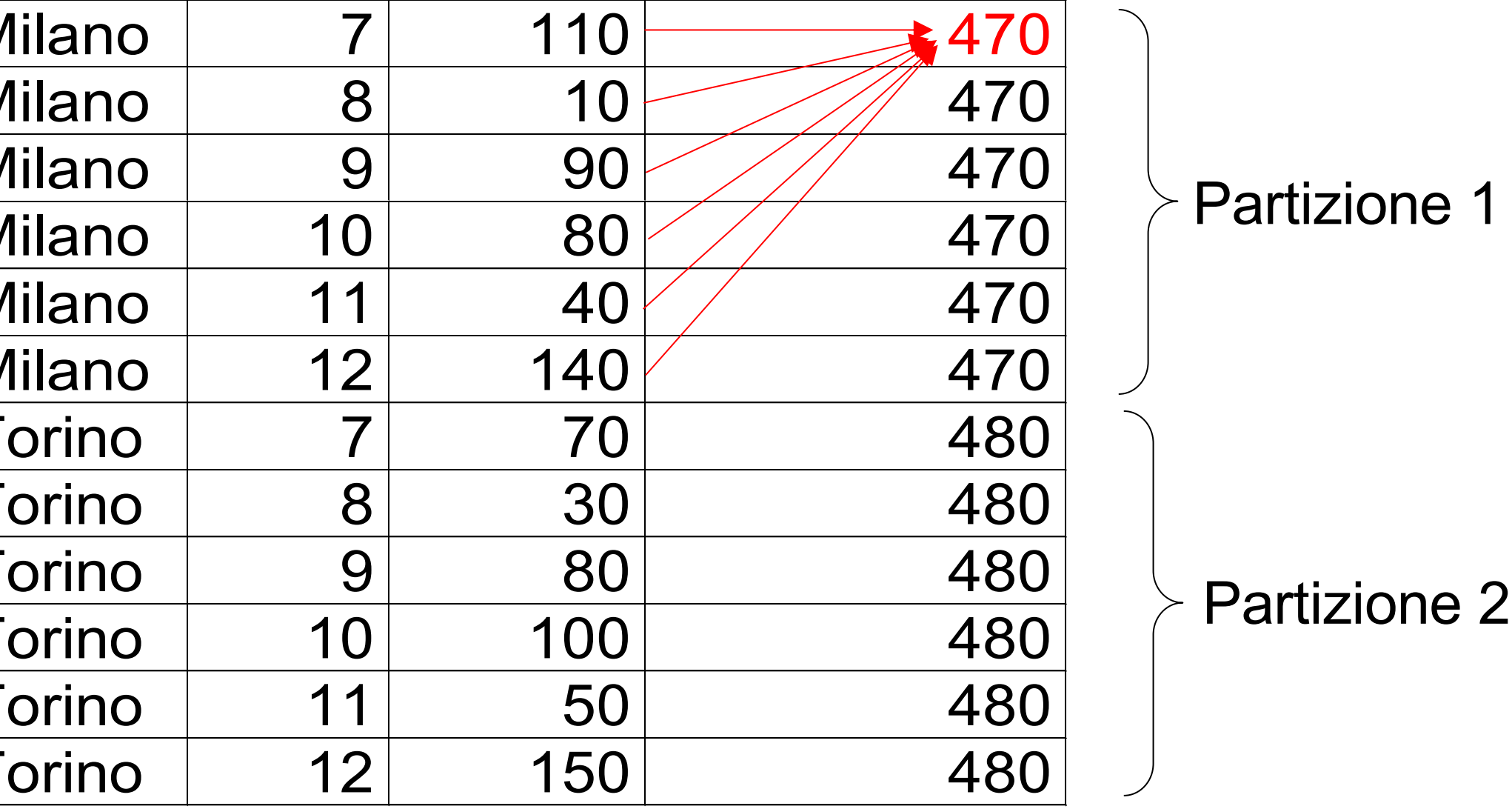
Confronto tra dati dettagliati e dati complessivi

```
SELECT Città, Mese, Importo,
       SUM(Importo) OVER (PARTITION BY Città)
      AS ImpTotale
FROM Vendite
```


Elena Baralis
Politecnico di Torino

Confronto tra dati dettagliati e dati complessivi

Città	Mese	Importo	ImpTotale
Milano	7	110	470
Milano	8	10	470
Milano	9	90	470
Milano	10	80	470
Milano	11	40	470
Milano	12	140	470
Torino	7	70	480
Torino	8	30	480
Torino	9	80	480
Torino	10	100	480
Torino	11	50	480
Torino	12	150	480



Confronto tra dati dettagliati e dati complessivi

- Visualizzare, per ogni città e mese
  - l'importo
  - il rapporto tra l'importo della riga corrente per le vendite e il totale complessivo
  - il rapporto tra l'importo della riga corrente per le vendite e il totale complessivo per città
  - il rapporto tra l'importo della riga corrente per le vendite e il totale complessivo per mese

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Confronto tra dati dettagliati e dati complessivi

- Tre finestre di calcolo diverse
  - totale complessivo: nessun partizionamento
  - totale per città: partizionamento per città
  - totale per mese: partizionamento per mese
- Non è necessario l'ordinamento per nessuna finestra
  - il totale complessivo è calcolato indipendentemente dall'ordinamento
- La finestra di calcolo è sempre l'intera partizione

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Confronto tra dati dettagliati e dati complessivi

```
SELECT Città, Mese, Importo
   Importo/SUM(Importo) OVER ()
   AS PercTotale
   Importo/SUM(Importo) OVER (PARTITION BY Città)
   AS PercCittà
   Importo/SUM(Importo) OVER (PARTITION BY Mese)
   AS PercMese
FROM Vendite
```


Elena Baralis
Politecnico di Torino

Confronto tra dati dettagliati e dati complessivi

Città	Mese	Importo	PercTotale	PercCittà	PercMese
Milano	7	110	110/950	110/470	110/180
Milano	8	10	10/950	10/470	10/40
Milano	9	90	90/950	90/470	90/170
Milano	10	80	80/950	80/470	80/180
Milano	11	40	40/950	40/470	40/90
Milano	12	140	140/950	140/470	140/290
Torino	7	70	70/950	70/480	70/180
Torino	8	30	30/950	30/480	30/40
Torino	9	80	80/950	80/480	80/170
Torino	10	100	100/950	100/480	100/180
Torino	11	50	50/950	50/480	50/90
Torino	12	150	150/950	150/480	150/290

`Group by` e finestre

- E` possibile abbinare l'uso di finestre con il raggruppamento eseguito dalla clausola **`group by`**
- La "tabella temporanea" generata dall'esecuzione della clausola **`group by`** (con eventuale calcolo di funzioni aggregate abbinate al **`group by`**) diviene l'operando a cui applicare le operazioni definite per la **`window`**

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Esempio

- Si supponga che la tabella **`Vendite`** contenga informazioni sulle vendite con granularità giornaliera
- Visualizzare, per ogni città e mese
  - l'importo delle vendite
  - la media rispetto al mese corrente e ai due mesi precedenti, separatamente per ogni città

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Esempio

- E` necessario raggruppare i dati per mese e calcolare l'importo totale per mese prima di effettuare il calcolo della media mobile
  - si usa la clausola group by per calcolare il totale mensile
- La tabella temporanea generata dalla prima aggregazione diviene l'operando su cui definire la finestra di calcolo

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Esempio

```
SELECT Città, Mese, SUM(Importo) AS TotMese,
       AVG(SUM(Importo)) OVER (PARTITION BY Città
                               ORDER BY Mese
                               ROWS 2 PRECEDING)
       AS MediaMobile
FROM Vendite, ...
WHERE <cond. join>
GROUP BY Città, Mese
```


Elena Baralis
Politecnico di Torino

Funzioni di ranking

- Funzioni per calcolare la posizione di un valore all'interno di una partizione
  - funzione **`rank()`**: calcola la posizione, lasciando intervalli vuoti successivi alla presenza di "pari merito"
    - esempio: 2 primi, subito dopo vi è il terzo nella graduatoria
  - funzione **`denserank()`**: calcola la posizione, senza lasciare intervalli vuoti successivi alla presenza di "pari merito"
    - esempio: 2 primi, subito dopo vi è il secondo nella graduatoria

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Esempio

- Visualizzare, per ogni città nel mese di dicembre
  - l'importo delle vendite
  - la posizione nella graduatoria

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Esempio

- Non occorre partizionamento
  - una sola partizione che include tutte le città
- Ordinamento in base all'importo per stilare la graduatoria
  - senza ordinamento, il calcolo sarebbe privo di significato
- La finestra di calcolo è l'intera partizione

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Esempio

```
SELECT Città, Importo,
       RANK() OVER (ORDER BY Importo DESC)
      AS Graduatoria
FROM Vendite
WHERE Mese = 12
```


Elena Baralis
Politecnico di Torino

Risultato

Città	Importo	Graduatoria
Torino	150	1
Milano	140	2

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Ordinamento del risultato

- L'ordinamento del risultato è ottenuto mediante la clausola **`order by`**
  - può essere diverso dall'ordinamento delle finestre di calcolo
- Esempio: ordinare il risultato dell'esempio precedente in ordine alfabetico di città

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Esempio

```
SELECT Città, Importo,
       RANK() OVER (ORDER BY Importo DESC)
      AS Graduatoria
FROM Vendite
WHERE Mese = 12
ORDER BY Città
```

Città	Importo	Graduatoria
Milano	140	2
Torino	150	1

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Estensioni della clausola `group by`

- Gli spreadsheet multidimensionali richiedono più totali parziali “in un colpo solo”
  - somma delle vendite per mese e città
  - somma delle vendite per mese
  - somma delle vendite per città
- Per motivi di efficienza è opportuno evitare
  - letture multiple dei dati
  - ordinamenti ridondanti dei dati

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Estensioni della clausola `group by`

- Lo standard SQL-99 ha esteso la sintassi della clausola **`group by`**
  - **`rollup`** per calcolare le aggregazioni su tutti i gruppi ottenuti togliendo in ordine una colonna per volta dall'insieme specificato di colonne
  - **`cube`** per calcolare le aggregazioni su tutte le possibili combinazioni delle colonne specificate
  - **`grouping sets`** per specificare un elenco di raggruppamenti richiesti (diversi da quelli ottenibili con le due clausole precedenti)
    - `()` per richiedere totali generali (nessun raggruppamento)

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Rollup: esempio

- Si considerino le seguenti tabelle

  Tempo(<u>Tkey</u>,Giorno,Mese,Anno,…)

  Supermercato(<u>Skey</u>,Città,Regione,…)

  Prodotto(<u>Pkey</u>,NomeP,Marca,…)

  Vendite(<u>Skey</u>,<u>Tkey</u>,<u>Pkey</u>,Importo)

- Calcolare il totale delle vendite nel 2000 per le seguenti diverse combinazioni di attributi
  - prodotto, mese e città
  - mese, città
  - città

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Rollup: esempio

```
SELECT Città, Mese, Pkey,
       SUM(Importo) AS TotVendite
FROM Tempo T, Supermercato S, Vendite V
WHERE T.Tkey = V.Tkey
  AND S.Skey = V.Skey
  AND Anno = 2000
GROUP BY ROLLUP (Città,Mese,Pkey)
```

- L'ordinamento delle colonne in **`rollup`** determina quali aggregati sono calcolati

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Rollup: risultato

Città	Mese	Pkey	TotVendite
Milano	7	145	110
Milano	7	150	10
Milano	…	…	…
Milano	7	**NULL**	8500
Milano	8	…	…
Milano	**NULL**	**NULL**	150000
Torino	…	…	150
Torino	…	**NULL**	2500
Torino	**NULL**	**NULL**	135000
…	…	…	…
NULL	**NULL**	**NULL**	25005000

I “superaggregati” sono rappresentati con **NULL**

Cube: esempio

- Calcolare il totale delle vendite nel 2000 per *tutte* le combinazioni dei seguenti attributi
  - prodotto, mese, città
- Si devono calcolare le seguenti aggregazioni:
  - prodotto, mese, città
  - prodotto, mese
  - mese, città
  - prodotto, città
  - prodotto
  - mese
  - città
  - nessun raggruppamento

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Cube: esempio

```
SELECT Città, Mese, Pkey,
       SUM(Importo) AS TotVendite
FROM Tempo T, Supermercato S, Vendite V
WHERE T.Tkey = V.Tkey
  AND S.Skey = V.Skey
  AND Anno = 2000
GROUP BY CUBE (Città,Mese,Pkey)
```

- L'ordinamento delle colonne in **cube** è ininfluente

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Calcolo del cubo

- Si considerano le proprietà distributive e algebriche delle funzioni aggregate
  - le funzioni aggregate *distributive* (**`min`**, **`max`**, **`sum`**, **`count`**) possono essere calcolate a partire da aggregazioni su un numero maggiore di attributi (con granularità maggiore)
    - Esempio: dall'importo totale su prodotto e mese, si calcola l'importo totale per mese
  - per le funzioni aggregate *algebriche* (**`avg`**, …) è possibile il calcolo a partire da aggregazioni su un numero maggiore di atttributi (con granularità maggiore), pur di memorizzare opportuni risultati intermedi
    - Esempio: per la media serve conoscere
      - il valore della media nel gruppo
      - il numero di elementi per gruppo

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Calcolo del cubo

- Per rendere più efficiente il calcolo del cubo, si usano le proprietà distributive/algebriche delle funzioni aggregate
  - si usano i risultati di **`group by`** già calcolati
  - l'operazione di **`rollup`** richiede una sola operazione di ordinamento
  - il cubo può essere visto come una combinazione di più operazioni di **`rollup`** (in ordine opportuno)
  - si sfruttano operazioni di sort già eseguite (anche parzialmente)
    - è possibile utilizzare l'ordinamento delle colonne (A,B) per ordinare (A,C)

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Grouping Set: esempio

- Calcolare il totale delle vendite nel 2000 per le seguenti combinazioni di attributi
  - mese
  - mese, città, prodotto
- Eseguire un rollup richiederebbe il calcolo di aggregati aggiuntivi

Elena Baralis
Politecnico di Torino

Grouping Set: esempio

```
SELECT Città, Mese, Pkey,
       SUM(Importo) AS TotVendite
FROM Tempo T, Supermercato S, Vendite V
WHERE T.Tkey = V.Tkey
  AND S.Skey = V.Skey
  AND Anno = 2000
GROUP BY GROUPING SETS
      (Mese, (Città,Mese,Pkey))
```


Elena Baralis
Politecnico di Torino