



Misurare le prestazioni dei Sistemi Biometrici

metodologie, ruoli e organismi

Raffaele Cappelli

Biometric System Laboratory
Università degli Studi di Bologna



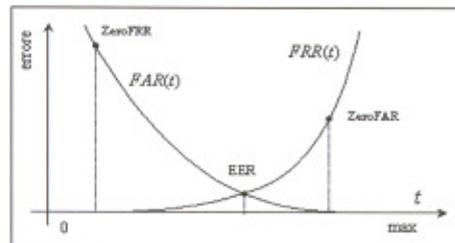
Outline

- ⊕ **La valutazione delle prestazioni**
 - ◆ Perché porsi il problema ?
 - ◆ Quali fonti sono attendibili ?
- ⊕ **Come eseguire la valutazione delle prestazioni**
 - ◆ Cosa misurare
 - ◆ Come misurarlo
 - ◆ Il problema della raccolta dei campioni
- ⊕ **Valutazione riconoscimento di impronte digitali**
 - ◆ FVC2000 ed FVC2002
- ⊕ **Valutazione riconoscimento del volto**
 - ◆ Feret, FRVT2000, FVRT2002

Perché porsi il problema ?

⊕ La biometria non è “esatta” al 100%

- False reiezioni: il sistema non accetta chi dovrebbe (FRR)
- False accettazioni: il sistema accetta chi non dovrebbe (FAR)



⊕ Come valutare se un sistema è adatto per un'applicazione ...

- Non certamente verificando solo se il costo è compatibile con il budget !
- Necessario identificare i requisiti
- Per applicazioni di massa, è necessaria una seria sperimentazione

Prestazioni: di chi fidarsi ?

Scarsa

⊕ Brochure commerciali dei venditori:

- Attendibili per specifiche meccaniche, capacità di memorizzazione e altri dati misurabili dall'utente. Poco attendibili su accuratezza.

⊕ Test comparativi su riviste settore IT:

- Riescono a valutare usabilità, facilità di installazione e gradevolezza dell'interfaccia. Difficilmente vanno oltre ...

⊕ Test eseguiti da organizzazioni accademiche/industriali del settore

- Technology evaluation (es. FVC2002, FRVT2002): vengono collezionati database su cui misurare e confrontare le prestazioni degli algoritmi.
- Scenario evaluation: test di sistemi completi (es. BWG, IBG, ...) eseguiti in ambiente “simulato”. TEST DELLA SOLUZIONE: TECNOLOGIA + APPLICAZIONE

ACCURATEZZA
FOCALIZZATA
SUL CORE (ALGORITMO)

Affidabilità

⊕ Sperimentazioni sul campo

- Operational evaluation: viene eseguito il test di uno o più sistemi nelle vere condizioni operative in cui questi dovranno essere utilizzati

Elevata

Prestazioni: brochure commerciali

- ⊕ Indicano spesso correttamente le caratteristiche meccaniche, ottiche ed elettroniche dei dispositivi hardware.
 - Risoluzione (dpi), Area sensibile (mm²)
 - Tipo di interfaccia, crittografia, tempi di calcolo ...
- ⊕ Quando includono dati circa l'accuratezza di riconoscimento (FAR ed FRR) spesso questi sono inaffidabili.
 - Non è raro leggere sulle brochure proclami del tipo:

▶ FAR < 1 su 1.000.000 } SONO SEMPRE LEGATI:
▶ FRR < 1 su 1.000 } "IL FAR è x% QUANDO IL FRR è y%."

Amesso che sia possibile con la tecnologia odierna raggiungere tali livelli di accuratezza, misurare un errore su un milione (in modo statisticamente rilevante) richiede di eseguire decine di milioni di confronti su migliaia o decine di migliaia di soggetti ... ⇒ **DIFFIDARE!**

Prestazioni: riviste settore IT

- ⊕ Alcune riviste del settore IT (es. PC Magazine, PC Week, Byte, ...) propongono talvolta recensioni comparative. Questo tipo di valutazione, sebbene spesso imparziale, ha grossi limiti. Infatti:
 - Le persone incaricate non hanno una sufficiente conoscenza del settore biometrico.
 - Vengono evidenziate correttamente caratteristiche quali semplicità d'uso e di installazione delle periferiche e del software applicativo (quante volte è necessario eseguire il boot per portare a termine l'installazione...)
 - L'accuratezza di riconoscimento viene misurata eseguendo qualche decina di tentativi "live" !

Esempio:

In una recente valutazione (maggio 2001) PC Magazine ha scelto su 7 sistemi lo scanner di impronte digitali Sony FIU-710 come "editor choice". Sebbene si tratti di una periferica interessante dal punto di vista della sicurezza/privacy, è una soluzione scadente dal punto di vista dell'accuratezza del riconoscimento biometrico.

128 x 192 pixels
10.2 x 15.4 mm pattern
matching



Prestazioni: organizzazioni accademiche/industriali

- ⊕ Si tratta di test imparziali, spesso comparativi, su sistemi biometrici o parti di essi:
 - **FVC2000/FVC2002/FVC2004:** Competizione internazionale sugli algoritmi di riconoscimento di impronte digitali. Organizzate da: Biolab (Università di Bologna) + Michigan State University + San-Josè University.
 - **Feret ('93..'97), FRVT2000, FRVT2002:** Test su algoritmi di riconoscimento del volto. Organizzato da CDTDPO + DARPA + NJI e NIST
 - **BWG's Biometric Product Testing** (marzo 2001): vengono valutati sistemi completi tra cui: volto, impronta, voce, iride. Organizzato da UK Biometric Working Group (<http://www.cesg.gov.uk/technology/biometrics/>).
 - **IBG's Comparative Biometric Testing:** vengono periodicamente valutati sistemi completi. Organizzato da International Biometric Group (<http://www.biometricgroup.com/>) che è un'associazione profit e si propone come consulente nel campo della biometria; produce anche interessanti studi di settore... non molto attendibile a causa dell'esiguo numero di test

Prestazioni: sperimentazioni sul campo

- ⊕ Si tratta dell'unico vero metodo per verificare se una certa tecnologia è idonea per una specifica applicazione di massa.
 - Una seria sperimentazione sul campo richiede la messa in opera di numero ridotto di "postazioni" nelle stesse condizioni ambientali e con la stessa tipologia di utenti che successivamente dovranno utilizzare il sistema.
 - Può avere un costo rilevante dal punto di vista organizzativo e richiedere il ricorso a consulenti esterni qualificati.
 - Prima di procedere in tal senso, è bene identificare il successo/fallimento di tecnologie biometriche su applicazioni analoghe.
 - Dovrebbero essere identificati alcuni fornitori sulla base delle valutazioni dei loro sistemi fatte da organizzazioni accademiche/industriali. Talvolta i fornitori sono reticenti a farsi "certificare". In ogni caso su richiesta devono essere disponibili a valutazioni comparative da parte del committente.
 - Non sempre precedenti esperienze o detenzione di grosse fette di mercato sono sinonimi di miglior qualità dei prodotti.

Valutare le Prestazioni: cosa misurare

- ⊕ Accuratezza di riconoscimento
 - L'andamento di FAR/FRR in funzione della soglia di riconoscimento.
 - EER (Equal Error Rate) e ROC (Receiver Operating Characteristic)
 - Failure To Enroll (percentuale di rifiuti in fase di registrazione)
- ⊕ Tempi di risposta
 - Tempo di risposta in enrollment (registrazione) e verifica (1:1).
 - Scalabilità per identificazione 1:N
- ⊕ Capacità di memorizzazione
 - Quanti utenti possono essere registrati
 - Dimensione del template di un utente (non sempre template piccoli sono sinonimo di miglior sistema)
- ⊕ Protezione dei dati
 - Dove sono memorizzati i dati, come vengono archiviati, come vengono trasmessi.

Valutare le Prestazioni: FALSE REIEZIONI

- ⊕ Devono essere raccolte più istanze della stessa caratteristica dello stesso individuo in tempi diversi (sessioni) e in condizioni diverse (illuminazione umidità, rumore, ...)
 - Ogni istanza viene confrontata con tutte le rimanenti (escludendo confronti simmetrici).
 - Vengono conteggiati i casi di errore in cui il sistema risponde "non match"

$$\text{FRR} = \frac{\text{non match}}{\text{numero di tentativi}} \quad \text{FRR}$$

- Supponiamo, per la valutazione di un sistema basato su impronte digitali, di disporre di 100 volontari, e di utilizzare indice e medio delle due mani, per un totale di 400 dita diverse. Se in tre sessioni a distanza di una settimana si acquisiscono 12 istanze (4 istanze per ciascuna sessione) è possibile eseguire:
 - $(12 \times 11) / 2 = 66$ tentativi (per ogni dito)
 - $66 \times 400 = 26.400$ tentativi (in totale)

Valutare le Prestazioni: FALSE ACCETTAZIONI

- ⊕ E' sufficiente raccogliere una sola istanza per ogni individuo. Non sono necessarie sessioni multiple.
 - L'istanza di ciascun individuo viene confrontata con quella dei rimanenti individui (escludendo confronti simmetrici).
 - Vengono conteggiati i casi di errore in cui il sistema risponde "match"

$$\text{FAR} = \frac{\text{match}}{\text{numero di tentativi}} \quad \text{FAR}$$

- Supponiamo di disporre degli stessi 100 volontari su cui è stato misurato FRR, per un totale di 400 dita diverse. E' allora possibile eseguire:
 - $(400 \times 399) / 2 = 79.800$ tentativi (in totale)

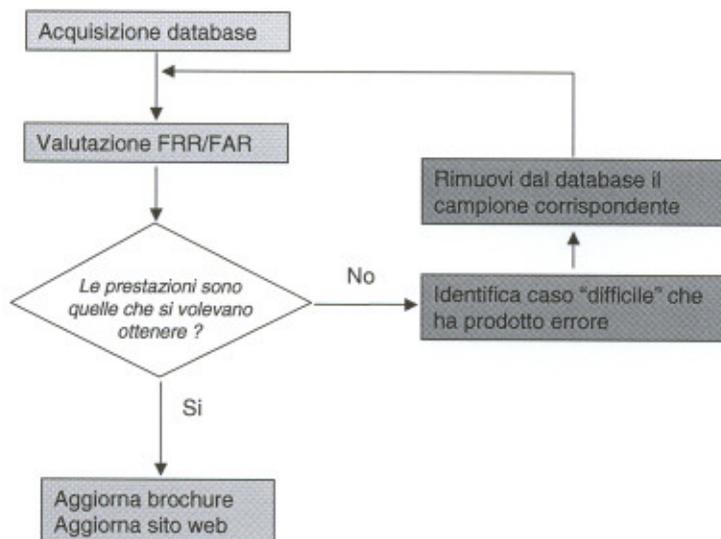
Valutare le Prestazioni: la raccolta dei dati

- ⊕ Per ogni tipologia di sistema biometrico esistono individui che possono incontrare difficoltà nell'uso del sistema (goat), e situazioni ambientali/personali che possono rendere problematica l'acquisizione della caratteristica biometrica.
 - Per esempio nel caso di impronte digitali:
 - circa il 5% della popolazione ha dita di qualità intrinsecamente bassa che producono immagini di scarsa qualità.
 - dita particolarmente umide o secche vengono più difficilmente rilevate.
 - l'utente talvolta posiziona il dito in modo sostanzialmente diverso
- ⊕ I sistemi biometrici commettono la **maggior parte degli errori** (False Reiezioni) nei "casi difficili", e quindi in generale la presenza o meno di questi casi nel database utilizzato per la valutazione modifica sostanzialmente l'accuratezza di riconoscimento misurata.

In generale non ha molto significato quindi confrontare tra loro le prestazioni di due sistemi biometrici misurate su database diversi

SOLITAMENTE POCCHI CASI "DIFFICILI" SCATENANO LA MAGGIOR PARTE DEGLI ERRORI

Valutare le Prestazioni: una valutazione “disonesta”



Valutare le Prestazioni: il problema dei dati

⊕ La raccolta di dati biometrici ai fini della valutazione delle prestazioni:

- E' costosa in termini di tempo e di risorse
- Richiede personale qualificato e attenzione
- I dati raccolti una volta utilizzati per l'ottimizzazione di un sistema, non dovrebbero essere utilizzati per valutazioni successive (scadenza temporale).

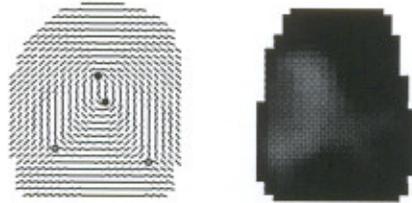
⊕ La generazione di campioni sintetici può:

- Ridurre drasticamente i costi e i tempi
- Consentire di generare dati dalle caratteristiche desiderate
- Ri-generare a costo "zero" dati scaduti
- Affiancarsi alla valutazione sui dati reali (che non può comunque essere eliminata) in molte fasi di sviluppo e test di un sistema biometrico.

APPROCCIO VALIDO PER ABBATTERE I COSTI
TA, NEL CASO DI PROGETTI GROSSI, E' COMUNQUE
NECESSARIA UNA ULTERIORE FASE
DI SPERIMENTAZIONE

SFinGe: un generatore di impronte sintetiche

Generazione immagine
direzionale e mappa di densità



Generazione creste epidermiche

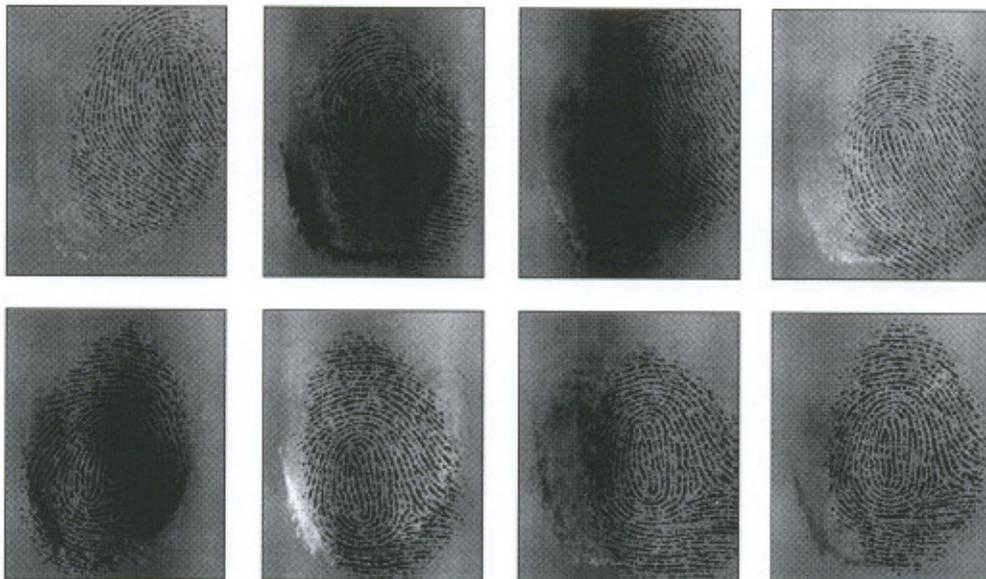
*applicazione iterativa di filtri direzionali a partire
da semi casuali*



Rumore e rendering



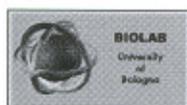
SFinGe: esempi di impronte sintetiche



Impronte digitali: FVC2000

FVC2000

Fingerprint Verification Competition



Biometric System Lab (BIOLAB)
DEIS, University of Bologna,
via Sacchi 3, 47023 Cesena - ITALY.



U.S. National Biometric Test Center,
San Jose State University,
San Jose, CA 95192 - USA.



Pattern Recognition and Image
Processing Laboratory,
Michigan State University,
East Lansing, MI 48824 - USA.

Sul sito web:

<http://bias.csr.unibo.it/fvc2000/>



Report dettagliato
(70 pagine)



CD

- ⊕ Si tratta della prima technology evaluation sul riconoscimento di impronte digitali. Per la partecipazione (gratuita) ogni partecipante invia algoritmi in formato eseguibile compatibili con uno standard predefinito.
- ⊕ Partecipanti: 7 gruppi universitari + 4 società
- ⊕ Non vengono valutati sistemi, ma algoritmi a partire da 4 database comuni. Ogni database suddiviso in Training Set e Test Set. Il Training Set viene messo a disposizione dei partecipanti per il "tuning" degli algoritmi.

Difficili !



Raffaele Cappelli - Misurare le prestazioni dei Sistemi Biometrici

17

EDUCATION

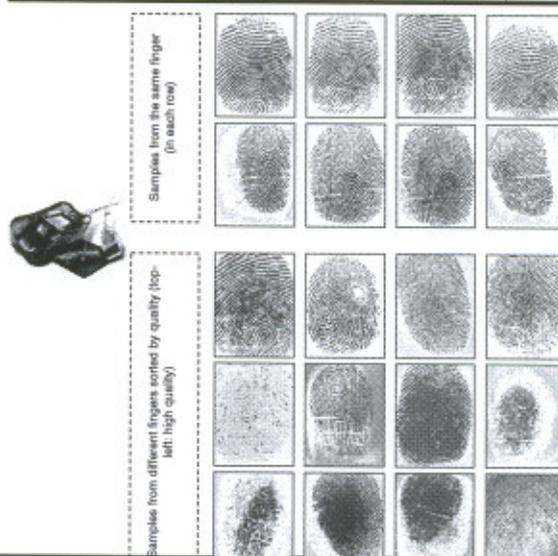
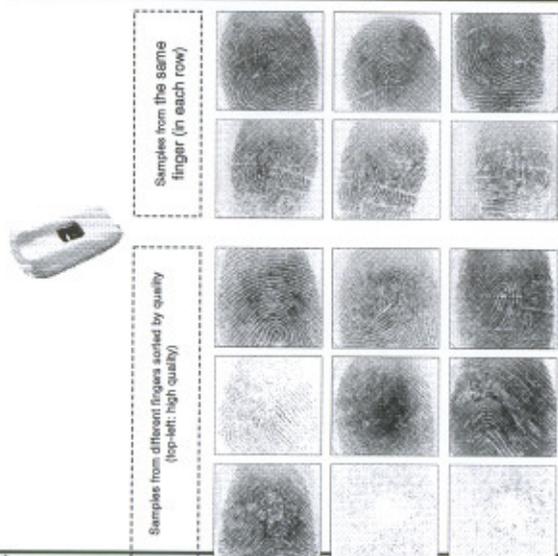
DB1

Impronte digitali: FVC2000 – DB1 e DB2

DB2

Sensor	Class	Image size	Res	Set A	Set B
Secure Desktop by KeyTronic	Low-cost optical sensor	300x300	500 dpi	100 x 8	10 x 8

Sensor	Class	Image size	Res	Set A	Set B
TouchChip ST Microelectronics	Low-cost capacitive sensor	256x364	500 dpi	100 x 8	10 x 8



Raffaele Cappelli - Misurare le prestazioni dei Sistemi Biometrici

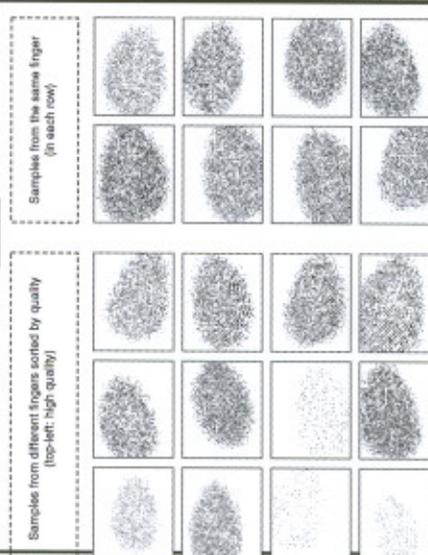
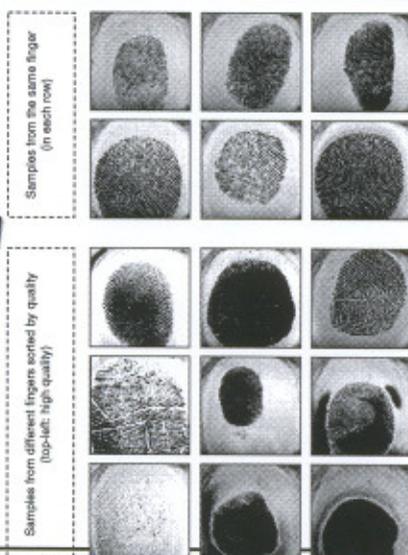
18

EDUCATION

DB3**Impronte digitali: FVC2000 – DB3 e DB4****DB4**

Sensor	Class	Image size	Res.	Set A	Set B
DFR 90 by Identicator	Optical sensor	448x478	500 dpi	100 x 8	10 x 8

Sensor	Class	Image size	Res.	Set A	Set B
SFinGe by BioLab	Synthetic generator	240x320	about 500 dpi	100 x 8	10 x 8

**GLUSIT**

Raffaele Cappelli - Misurare le prestazioni dei Sistemi Biometrici

19

EDUCATION**Impronte digitali: Risultati FVC2000**

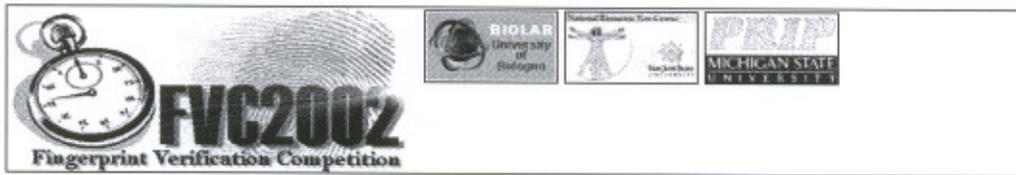
ID	Organization	Type	EER	EER'	REJ _E	REJ _M	Enroll Time (s)	Match Time (s)
SAG1	SAGEM SA (France)	company	1.73%	1.73%	0.00%	0.00%	3.18	1.22
SAG2	SAGEM SA (France)	company	2.28%	2.28%	0.00%	0.00%	1.11	1.11
CSPN	Centre for Signal Processing, Nanyang Technological University (Singapore)	academic	5.19%	5.18%	0.14%	0.31%	0.20	0.20
CETP	CEFET-PR / Antheus Tecnologia Ltda (Brasil)	academic	6.32%	6.29%	0.00%	0.02%	0.95	1.06
CWAI	Centre for Wavelets, Approximation and Information Processing, National University of Singapore (Singapore)	academic	7.08%	4.66%	4.46%	3.14%	0.27	0.35
KRDL	Kent Ridge Digital Labs (Singapore)	academic	10.94%	7.59%	6.86%	6.52%	1.08	1.58
UTWE	University of Twente, Electrical Engineering (Netherlands)	academic	15.24%	15.24%	0.00%	0.00%	10.42	2.67
FPIN	FingerPin AG (Switzerland)	company	15.94%	15.94%	0.00%	0.00%	1.22	1.27
UINH	Inha University (Korea)	academic	19.33%	17.31%	3.75%	5.23%	0.71	0.76
DITI	Ditto Information & Technology Inc. (Korea)	company	20.97%	20.97%	0.00%	0.00%	1.24	1.32
NCMI	Natural Sciences and Mathematics, Institute of Informatics (Macedonia)	academic	47.84%	47.88%	0.00%	0.09%	1.44	1.71

GLUSIT

Raffaele Cappelli - Misurare le prestazioni dei Sistemi Biometrici

20

EDUCATION



⊕ Risultati presentati in Agosto 2002 al 16th ICPR in Canada

⊕ 4 nuovi database:

- Identix TouchViewII (Ottico)
- Biometrika FX2000 (Ottico)
- Precise Biometrics 100SC (Capacitivo)
- SFinGe (Sintetico)



⊕ 31 partecipanti !

- 21 dall'industria
- 6 gruppi universitari
- 4 sviluppatori indipendenti

Sito web:
<http://bias.csr.unibo.it/fvc2002/>

FVC2002 Database: esempi da DB1 e DB2

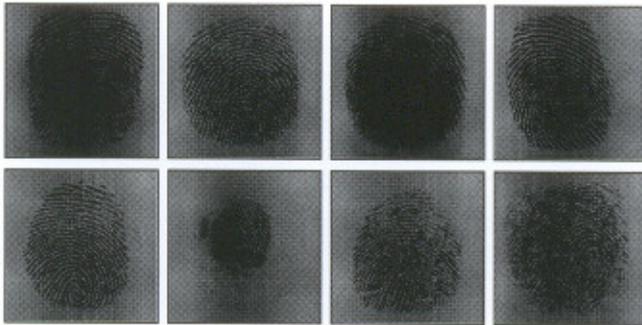


Immagini di dita differenti da DB1



Immagini dello stesso dito da DB2

FVC2002 Database: esempi da DB3 e DB4



Immagini di dita differenti da DB3



Immagini dello stesso dito da DB4

Risultati FVC2002 (media sui 4 DB)

Alg.	Organization	EER	FMR 100	FMR 1000	Zero FMR	REJ _{ENR}	REJ _{MAT}	Avg Enroll Time	Avg Match Time
PA15	Bioscrypt Inc.	0.19%	0.15%	0.28%	0.38%	0.00%	0.00%	0.11 sec	1.97 sec
PA27	<anonymous>	0.33%	0.28%	0.56%	1.44%	0.00%	0.00%	2.12 sec	1.98 sec
PB27	<anonymous>	0.41%	0.34%	0.59%	1.29%	0.00%	0.00%	1.23 sec	1.13 sec
PB15	Bioscrypt Inc.	0.77%	0.77%	1.04%	1.29%	0.00%	0.00%	0.07 sec	0.22 sec
PB05	Siemens AG	0.92%	1.46%	1.87%	2.29%	0.00%	0.00%	0.48 sec	0.52 sec
PA08	Neurotehnologija Ltd.	0.99%	1.12%	2.07%	3.11%	0.00%	0.00%	0.56 sec	0.56 sec
PA35	Sagem	1.18%	1.32%	2.71%	4.21%	0.00%	0.00%	4.05 sec	1.65 sec
PA02	Andrey Nikiforov (Indep. Developer)	1.31%	1.34%	1.80%	2.22%	0.32%	0.20%	0.81 sec	1.23 sec
PB35	Sagem	1.42%	1.51%	2.71%	4.60%	0.00%	0.00%	0.77 sec	0.66 sec
PA13	Deng Guoqiung (Indep. Developer)	2.18%	2.49%	3.48%	10.29%	0.00%	0.14%	0.17 sec	0.48 sec
PA45	Idencom AG	2.22%	3.05%	4.96%	6.27%	0.00%	0.00%	0.52 sec	0.62 sec
PA26	Suprema Inc.	2.50%	3.08%	4.30%	6.14%	0.00%	0.00%	0.54 sec	0.63 sec
PA34	<anonymous>	3.31%	4.71%	7.55%	10.89%	0.00%	0.00%	0.53 sec	0.65 sec
PA24	Biom. System Lab, Beijing Univ. of Posts and Telec.	3.76%	5.17%	8.48%	12.04%	0.07%	0.05%	0.57 sec	0.59 sec
PA19	<anonymous>	4.19%	6.47%	9.60%	13.19%	0.00%	0.00%	0.18 sec	0.18 sec
PA29	HZMS Biometrics Co. Ltd	4.24%	7.01%	11.20%	15.14%	0.00%	0.00%	0.65 sec	0.66 sec
PA14	ActivCard Canada	5.21%	7.27%	9.73%	11.69%	0.00%	0.00%	0.68 sec	1.76 sec
PA07	Antheus Tecnologia Ltda	5.46%	11.88%	20.55%	25.47%	0.00%	0.00%	0.20 sec	0.54 sec
PA31	TeKey Research Group	5.72%	31.95%	75.12%	79.91%	0.00%	0.00%	0.01 sec	3.15 sec
PA28	Fingerpin AG	6.05%	15.58%	31.83%	48.50%	0.00%	0.00%	0.48 sec	0.77 sec
PA21	Inha University	6.07%	10.77%	18.62%	33.69%	0.43%	0.63%	0.80 sec	0.84 sec
PA10	Aldebaran Systems	6.16%	7.66%	8.88%	9.74%	0.00%	0.00%	1.81 sec	1.81 sec
PA42	Digital Fingerpass Corporation	6.40%	11.29%	16.01%	19.87%	1.04%	1.63%	0.49 sec	0.50 sec
PA32	Datamicro Co. Ltd.	6.72%	10.46%	15.03%	18.26%	0.39%	0.93%	0.33 sec	0.56 sec
PA12	<anonymous>	7.12%	11.98%	16.36%	20.12%	0.07%	0.05%	0.24 sec	0.28 sec
PA20	Dept. Comp. Sci. and Inf. Eng., Da-Yeh University	9.04%	13.66%	18.17%	22.82%	0.00%	0.00%	0.13 sec	0.15 sec
PA18	<anonymous>	12.09%	27.79%	29.17%	36.59%	0.86%	0.40%	0.68 sec	0.70 sec
PA22	ALLab, Inst. of Aut., The Chinese Acad. of Sciences	14.66%	38.09%	53.57%	65.32%	0.00%	0.25%	0.57 sec	0.65 sec
PA16	Univ. of Tehran, Electrical and Computer department	16.79%	26.29%	32.96%	43.87%	0.00%	0.53%	1.16 sec	1.19 sec
PA25	<anonymous>	39.10%	90.33%	96.59%	99.34%	2.50%	1.81%	0.52 sec	0.63 sec
PA03	<anonymous>	50.00%	100.00%	100.00%	100.00%	0.00%	100.00%	7.05 sec	5.01 sec

Risultati FVC2002 (medagliere)

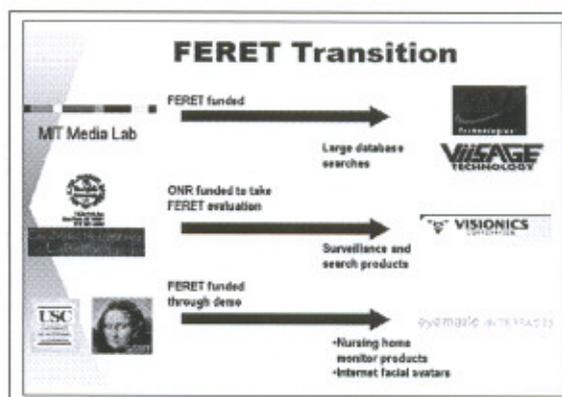
Alg.	Organization	Gold Medals	Silver Medals	Bronze
PA15	Bioscrypt Inc.	11	9	0
PB15	Bioscrypt Inc.	8	2	2
PA27	<anonymous>	4	3	8
PB27	<anonymous>	1	6	5
PA13	Deng Guoquiang	0	2	5
PA08	Neurotechnologija Ltd.	0	1	2
PB05	Siemens AG	0	1	1
PA02	Andrey Nikiforov	0	1	0
PA35	SAGEM	0	0	0
PB35	SAGEM	0	0	0

Volto: Feret (1993..1997)

- Organizzato da DoD Counterdrug Technology Development Program Office (CDTDPO) per la valutazione comparativa di algoritmi su database comuni.

La tecnologia del riconoscimento del volto era ancora piuttosto immatura e alle 3 valutazioni fatte tra il '93 e il '97 hanno preso parte laboratori universitari.

Oggi diversi algoritmi nati in ambito accademico e valutati nel programma FERET sono commercializzati dalle principali società del settore.



- FERET mette a disposizione un database di circa 14.000 immagini di volti di 1.200 individui. La maggior parte dei test sono stati focalizzati sul riconoscimento del volto da immagini in primo piano (trascurando il difficile problema della localizzazione del volto in una scena complessa).

Volto: FRVT2000

**Facial Recognition
Vendor Test** 2000

⊕ Organizzato da:

- DoD CounterDrug Technology Development Program Office (CDTDPO)
- Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)
- National Institute of Justice (NIJ)

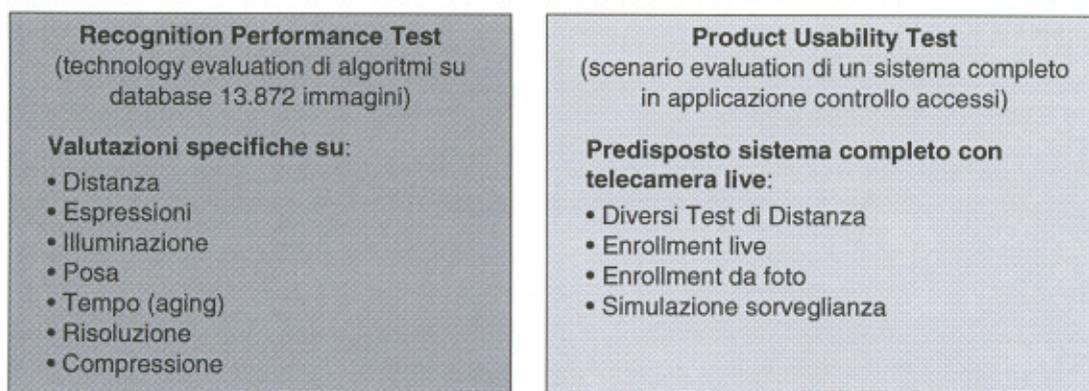
con l'obiettivo di fornire informazioni attendibili alle agenzie governative americane circa lo stato dell'arte della tecnologia e della sua applicabilità.

- ⊕ La partecipazione è riservata a società che vendono sistemi di riconoscimento del volto negli Stati Uniti (*esclusi sistemi prototipali e laboratori di ricerca*).
- ⊕ A ciascun partecipante (inizialmente 5) furono assegnate 13.872 immagini da confrontare tra loro in tutti i modi possibili (più di 192 milioni di confronti) in massimo 72 ore.
- ⊕ Solo 3 partecipanti portarono a termine i confronti nel tempo assegnato (necessaria una velocità di circa 740 match al secondo):
 - C-VIS
 - Lau Technologies
 - Visionics



Volto: FRVT2000 (2)

2 tipi di Test:



Un report dettagliato (più di 200 pagine) che descrive tutti gli aspetti di FRVT2000, incluse decine di pagine sulle prestazioni in ogni singolo test, può essere scaricato dal sito:

<http://www.dodcounterdrug.com/facialrecognition>



Volto: FRVT2002

FACE RECOGNITION VENDOR TEST 2002

<http://www.frvt.org/FRVT2002/default.htm>

- ⊕ Organizzato da National Institute of Standards (NIST) con il supporto di diverse organizzazioni governative e non, americane e non.
- ⊕ I partecipanti:
 - AcSys Biometrics Corp
 - C-VIS Computer Vision und Automation GmbH
 - Cognitec Systems GmbH
 - Dream Mirh Co., Ltd
 - Eyematic Interfaces Inc.
 - Iconquest
 - Identix
 - Imagis Technologies Inc.
 - Viisage Technology
 - VisionSphere Technologies Inc.
- ⊕ FRVT 2002 consiste in due test:
 - ⊕ High Computational Intensity Test (121.589 immagini di 37.437 persone – sfondo omogeneo e condizioni controllate – VISA Messico)
 - ⊕ Medium Computational Intensity Test (immagini eterogenee, indoor outdoor, sfondi complessi, aging, etc.).

FRVT2002: Risultati

- ⊕ I sistemi di Cognitec, Identix e Eyematic hanno fornito i risultati migliori.
- ⊕ In ambiente indoor con luce controllata, i migliori sistemi commettono 10% di false reiezioni in corrispondenza di 1% di false accettazioni.
- ⊕ Su immagini outdoor il miglior sistema commette circa il 50% di false reiezioni in corrispondenza dell'1% di false accettazioni.
- ⊕ In modalità watch list (ricerca su lista sospetti) in ambiente controllato, i migliori sistemi:
 - 77% di corrette intercettazioni con falsi allarmi 1% (lista di 25 persone)
 - 69% di corrette intercettazioni con falsi allarmi 1% (lista di 300 persone)
 - 55% di corrette intercettazioni con falsi allarmi 1% (lista di 3000 persone)