

# *Sviluppo di un sistema esperto a supporto di un agente immobiliare mediante CLIPS*

Dipartimento di Informatica: Università di Torino

Autori: Alessandro Saracco, Leonardo Magliolo , Mattia Marra



**Intelligenza artificiale e laboratorio**

**A.A. 2021/2022**

# Conoscenza di dominio

L'obiettivo del progetto è stato quello di sviluppare un sistema esperto che supporti un agente immobiliare nel suo lavoro: suggerire a un potenziale cliente un numero ristretto di alloggi in vendita da visitare.

A tal fine è stata modellata la conoscenza di dominio considerando che un appartamento è in genere caratterizzato da un insieme di proprietà.

Per svolgere la sua funzione il sistema pone domande riguardo a delle proprietà che l'immobile desiderato possiede, e in aggiunta, pone domande anche circa la profilazione del cliente stesso.

La conoscenza acquisita verrà sfruttata per suggerire al cliente un sottoinsieme di immobili con annesso grado di certezza riguardo l'idoneità della proposta stessa.



# Modellazione della conoscenza: proprietà immobili

```
1 (deftemplate immobile
2   (slot name (type STRING))
3   (slot type (type SYMBOL) (allowed-symbols Alloggio Attico Villa))
4   (slot square-meters (type INTEGER))
5   (slot state (type SYMBOL) (allowed-symbols Nuovo Ristrutturato Ristrutturare))
6   (slot num-of-rooms (type INTEGER))
7   (slot floor (type SYMBOL) (allowed-symbols Terra Intermedio Ultimo))
8   (slot city (type SYMBOL))
9   (slot district (type SYMBOL)) ;quartiere
10  (slot elevator (type SYMBOL) (allowed-values Si No))
11  (slot box-auto (type SYMBOL) (allowed-values Si No))
12  (slot box-mq (type INTEGER))
13  (slot balcony (type SYMBOL) (allowed-values Si No))
14  (slot backyard (type SYMBOL) (allowed-values Si No))
15  (slot price (type INTEGER))
16  (slot energy-class (type INTEGER) (allowed-values 1 2 3)))
```



# Modellazione della conoscenza: proprietà immobili

```
1 (deftemplate district
2   (slot name (type SYMBOL))
3   (slot city (type SYMBOL))
4   (slot transports (type SYMBOL) (allowed-values Si No))
5   (slot station (type SYMBOL) (allowed-values Si No))
6   (slot gym (type SYMBOL) (allowed-values Si No))
7   (slot supermarket (type SYMBOL) (allowed-values Si No))
8   (slot school (type SYMBOL) (allowed-values Si No))
9   (slot park (type SYMBOL) (allowed-values Si No))
10  (slot hospital (type SYMBOL) (allowed-values Si No))
11 )
```

```
1 (deftemplate region
2   (slot name (type SYMBOL))
3   (multislot cities (type SYMBOL)))
4
5
6 (deftemplate city
7   (slot name (type SYMBOL))
8   (slot region (type SYMBOL)))
```



# Modellazione della conoscenza: profilazione cliente

Al fine di profilare il cliente sono state poste le seguenti domande, con annessa conoscenza di dominio:

- Hai dei bambini? **-si->** Scuola or Parco
- Sei uno sportivo/a? **-si->** Parco or Palestra
- Hai l'auto? **-no->** Trasporti or Supermercato or Stazione  
**-si->** Box-auto
- Hai più di 60 anni? **-si->** Ospedale or Supermercato or Parco



# Modellazione della conoscenza: profilazione cliente

Le operazioni di profilatura sono eseguite con il supporto di specifici pesi stabiliti a priori, con range tra 1 (poco rilevante) e 10 (molto rilevante):

```
1 (defacts weights-children
2   (weights-children
3     (school 5)
4     (park 3)
5   )
6 )
7
8 (defacts weights-sporty
9   (weights-sporty
10    (gym 4)
11    (park 4)
12   )
13 )
```

```
1 (defacts weights-old
2   (weights-old
3     (hospital 7)
4     (supermarket 5)
5     (park 3)
6   )
7 )
8
9 (defacts weights-car
10  (weights-car
11    (transports 7)
12    (supermarket 2)
13    (station 4)
14    (box-auto 3)
15  )
16 )
```



# Modellazione della conoscenza: domande immobili

Al fine di stabilire gli immobili più affini alle richieste del cliente sono state poste le seguenti domande, con annesse risposte valide:

- Quanto vuoi spendere? [30000,...,1000000]
- Che tipo di immobile cerchi? {Alloggio,Attico,Villa,Indifferente}
- Da quanti mq vuoi che sia la casa? [40,...,400]
- Che tipo di immobile preferisci? {Nuovo,Ristrutturato,Ristrutturare,Indifferente}
- In quale piano preferisci vivere? {Terra,Intermedio,Ultimo,Indifferente}
- Di quante stanze vuoi che sia la casa? [2,...,10]
- E' necessaria la presenza di un ascensore? {Si,No}
- E' necessaria la presenza di un balcone? {Si,No}
- E' necessaria la presenza di un giardino? {Si,No}
- Classe energetica della casa? (numerico) [(1->A),...,(7->G)]
- In quale città vuoi comprare casa? {Novara, Torino, Roma, Civitavecchia, Palermo, Catania, Indifferente}





# Modellazione della conoscenza: domande immobili

Le operazioni di suggerimento di immobili sono eseguite con il supporto di specifici pesi stabiliti a priori, con range tra 1 (poco rilevante) e 10 (molto rilevante):

```
1 (defacts weights-immobile
2 (weights-immobile
3   (type 9)
4   (square-meters 10)
5   (state 8)
6   (num-of-rooms 7)
7   (floor 3)
8   (city 6)
9   (elevator 3)
10  (box-auto 3)
11  (box-mq 2)
12  (terrace 2)
13  (balcony 3)
14  (furnished 3)
15  (cellar 2)
16  (pool 1)
17  (heating-system 3)
18  (backyard 2)
19  (price 9)
20  (energy-class 5)
21  (region 8)
22  (district 5))
23 )
```





# Calcolo dei Certainty Factor

Al fine di poter proporre al cliente una lista di immobili il più possibile adatta alla propria esigenza, è stato scelto di calcolare un Certainty Factor (compreso tra 0 e 100) per ogni attributo desiderato in relazione ai pesi stabiliti a priori dall'esperto del dominio.

Sono state poi individuate metodologie per poter calcolare il CF di un certo immobile a partire dai CF dei singoli attributi che lo descrivono.



# Calcolo dei Certainty Factor: Tipologie

In relazione al dominio degli attributi presi in considerazione è possibile classificare i CF in diverse categorie:

- ☐ CF elementari: calcolati a partire dai pesi indicati dall'esperto del dominio
  - Definiti per mezzo di un range: esiste un ordinamento tra i valori che l'attributo di riferimento può assumere
  - Non range
- ☐ CF aggregati: calcolati a partire da CF elementari



# Calcolo dei CF: elementari, non range

Supponendo che un attributo A abbia valori ammissibili appartenenti a  $\{x_1, \dots, x_n\}$  e il cliente abbia indicato una preferenza per il valore  $x_i$ , allora:

- Se l'immobile considerato possiede un valore  $x_j$  di A, con  $j \neq i$ , allora il valore del CF calcolato sarà uguale a  $100 - (w_A \cdot 10)$ , con  $w_A$  peso associato all'attributo A
- Se l'immobile considerato possiede un valore  $x_j$  di A, con  $j = i$ , allora il valore del CF calcolato sarà uguale a 100

Altrimenti, se il cliente non ha espresso una preferenza (indifferente), il valore del CF calcolato ammonterà a 100 per qualsiasi valore di  $x_j$ .



# Calcolo dei CF: elementari, range

Considerato un attributo A avente range  $[L_r, M_r]$  e valore  $v$  con uno score appartenente a  $[1,10]$ , considerato anche il valore desiderato dall'utente  $V_c$  appartenente a  $[L_r, M_r]$ :

Se  $|M_r - V_c| > |L_r - V_c|$  allora si associa valore di CF all'attributo avente valore  $v$  uguale a  $f(v)$  con  $R = M_r$  altrimenti si associa il valore  $f(v)$  con  $R = L_r$ .

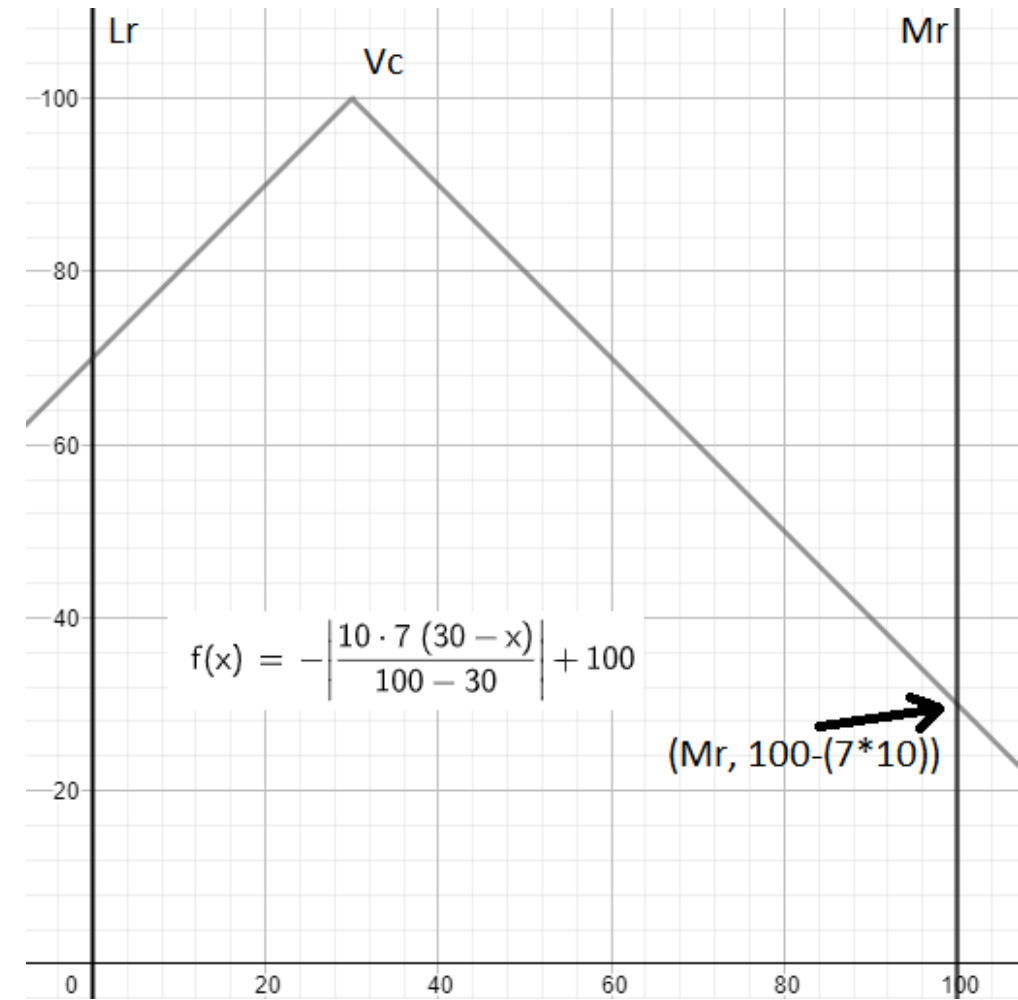
$$f(x) = - \left| \frac{10 \cdot w_A \cdot (V_c - x)}{R - V_c} \right| + 100$$



# Calcolo dei CF: elementari, range

Viene riportata una rappresentazione grafica della funzione descritta alla slide precedente considerando:

- un attributo A il cui range è compreso nell'intervallo  $[0,100]$
- Un peso  $w_A$  attribuito ad A pari a 7
- Un valore  $V_c$  suggerito dal cliente pari a 30



# Calcolo dei CF: elementari, range

Dato un attributo  $A$ , scelto un suo valore  $V_c$  dal cliente, è plausibile presumere, nella maggior parte dei casi, che il CF da attribuire rispetto ad un immobile con valore di  $A = V_i$  possa comunque sia ammontare a 100 qualora  $V_i \geq V_c$  oppure  $V_i \leq V_c$ , dipendentemente dalla tipologia di attributo trattato:

- ☐ Se  $V_i \leq V_c$  il CF non decresce
  - Prezzo
  - Classe energetica
- ☐ Se  $V_i \geq V_c$  il CF non decresce
  - metri quadri
  - numero di stanze
  - presenza dell'ascensore
  - presenza del terrazzo
  - presenza del balcone
  - presenza del giardino



# Calcolo dei CF: elementari, range

Considerate le assunzioni di dominio descritte nella precedente slide, è stato utile utilizzare la funzione descritta in precedenza per definire due funzioni descritte per parti:

- Funzione Greater Than:
  - Pari a  $f(x)$  per ogni  $x < V_c$
  - Pari a 100 per ogni  $x \geq V_c$
- Funzione Less Than:
  - Pari a  $f(x)$  per ogni  $x > V_c$
  - Pari a 100 per ogni  $x \leq V_c$

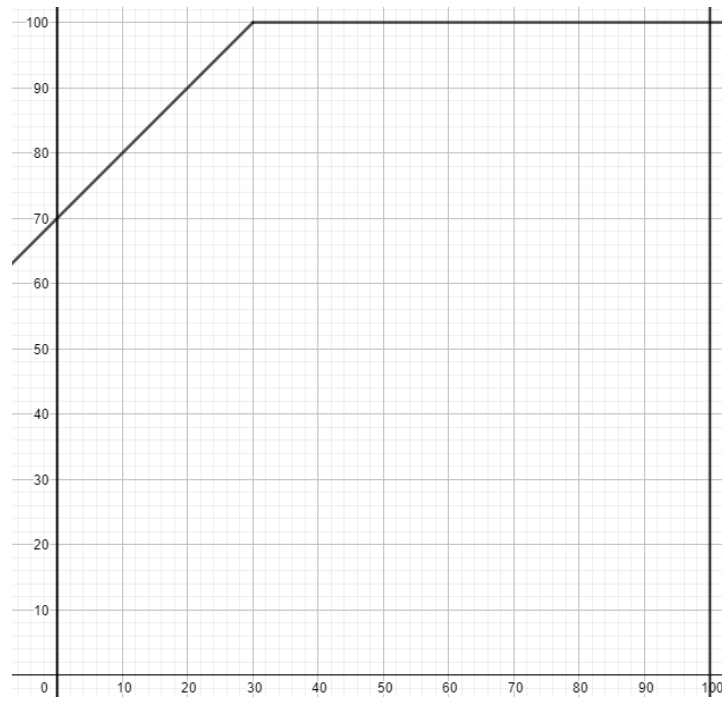




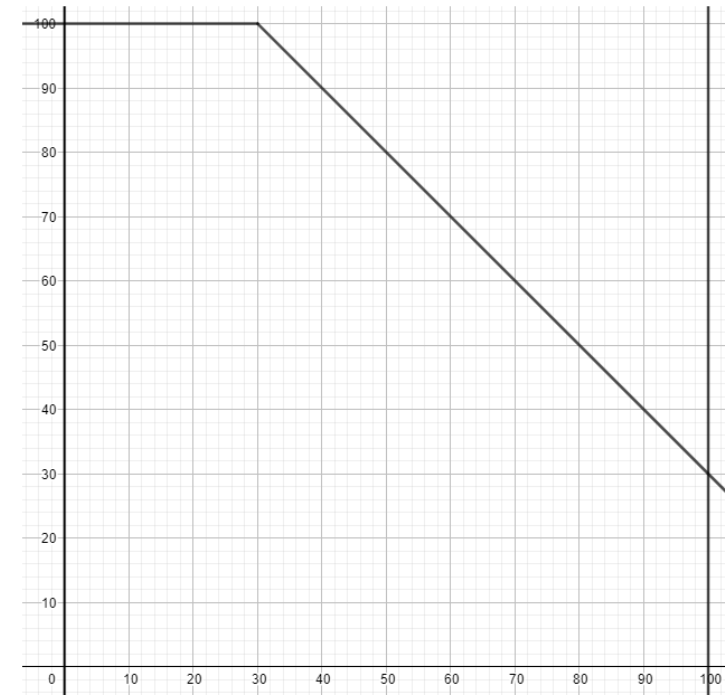
# Calcolo dei CF: elementari, range

Vengono riportati di seguito due esempi delle funzioni definite per parti, calcolate a partire dalla funzione d'esempio introdotta in slide 13:

Greater Than (GT)



Less Than (LT)



# Calcolo dei CF: aggregati

E' stato calcolato il CF aggregato di un determinato immobile  $I$  considerando le seguenti informazioni:

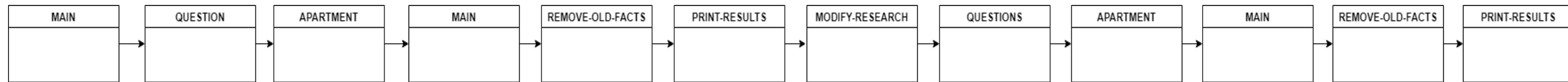
- un insieme di attributi caratterizzanti l'immobile:  $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$
- un insieme di pesi associati a ciascun attributo:  $\{W_1, W_2, \dots, W_n\}$
- un insieme di CF calcolati a partire dai valori degli attributi:  $\{CF_1, CF_2, \dots, CF_n\}$

mediante la seguente formula:

$$CF_I = \frac{\sum_{i=1}^n CF_i \cdot W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$



# Organizzazione della stack dei moduli



# Descrizione del modulo Main

Il modulo Main si occupa inizialmente di definire l'organizzazione della stack dei moduli mediante l'istruzione Focus.

E' richiamato più volte all'interno della stack dei moduli per calcolare i CF aggregati a partire da CF asserti da altri moduli.



# Descrizione del modulo Question

Il modulo Question si occupa della gestione delle domande, in particolare svolge i seguenti task:

1. Stampa il testo delle domande contenute nella base di conoscenza
2. Preleva la risposta della domanda mediante input da tastiera
3. Effettua controlli riguardo l'ammissibilità del valore inserito rispetto alle risposte valide
4. Se necessario chiede all'utente se il valore inserito è l'unico accettabile (soft-hard)
5. Asserisce un fatto attributo come coppia <nome\_attributo, valore>



# Descrizione del modulo Apartment

Il modulo Apartment si occupa del calcolo dei CF elementari (non calcolati a partire da altri CF, solo a partire dai pesi definiti a priori) in base dagli attributi desiderati e indicati dall'utente, asseriti precedentemente dal modulo Question.

Il calcolo dei CF avviene richiamando le funzioni `calculate-cf-no-range` e `calculate-cf-range` in relazione al tipo di attributo considerato.

```
1  (defrule APARTMENT::calculate-cf-city
2    (question (attribute city))
3    (immobile (name ?name)(city ?c))
4    (attribute (name city) (value ?city))
5    (weights-immobile (city ?w))
6    =>
7    (assert (attribute (name city_) (value ?c) (estate ?name) (weight ?w)
8                  (certainty (calculate-cf-no-range ?city ?c ?w))
9                  ))
10   )
```



# Descrizione del modulo Remove-Old-Facts

Il modulo Remove-Old-Facts si occupa di rimuovere l'attributo indicante il CF di un certo immobile che viola i vincoli hard (se esistono) imposti dall'utente .

In questo modo, il modulo che successivamente dovrà indicare una lista di immobili da proporre al cliente in relazione al loro CF, non proporrà immobili che violano vincoli Hard.





# Descrizione del modulo Print-Results

Il modulo Print-Results si occupa di stampare i primi cinque immobili in ordine di CF calcolato.

In aggiunta al loro nome, vengono specificati anche i seguenti attributi:

- Prezzo in Euro
- Tipologia
- Città
- Stato dell'immobile
- Metri quadrati
- Fattore di certezza

Nel caso sia stato impostato almeno un vincolo Hard e non vi siano immobili che non violino quei vincoli, verrà riportata l'impossibilità di proporre un immobile con le caratteristiche richieste.



(N.B. : I dati della tabella stampata vengono indentati correttamente da ClipsDOS ma non da ClipsIDE, in quanto non riserva la stessa quantità di pixel per ogni carattere.)

# Descrizione del modulo Print-Results

Esempio di output stampato dal modulo Print-Results:

Immobile	Prezzo(Euro)	Tipologia	Citta'	Stato	mq	CF
Villa da 8 stanze	334000	Villa	Novara	Nuovo	160	91
Villa nuova con giardino	640000	Villa	Catania	Nuovo	230	85
Villa con giardino	370000	Villa	Novara	Nuovo	135	84
Villa da 10 stanze	575000	Villa	Novara	Ristrutturare	200	82
Villa unifamiliare da ristrutturare	530000	Villa	Palermo	Ristrutturare	175	82

CLIPS> |



# Descrizione del modulo Modify-Search

Il modulo Modify-Search si occupa di proporre al cliente la possibilità di ritrattare parzialmente i valori inseriti dal modulo Question (in particolare uno degli attributi tra *Prezzo*, *Stato* e *Tipologia*), svolge inoltre le seguenti operazioni:

- Nel caso l'utente scelga di ritrattare un attributo, pone l'attributo *already-asked* della domanda associata uguale a False
- Si occupa di rimuovere il fatto che indica se il valore dell'attributo inserito dall'utente è soft o hard
- Elimina il valore dell'attributo inserito precedentemente dall'utente
- Elimina i valori di CF calcolati a partire dai CF elementari



# Scenari investigati

Gli scenari di test investigati sono stati formulati per mezzo di un approccio combinato:

- Sono state descritte tre richieste fittizie riguardo gli immobili ricercati
- Sono stati profilati tre utenti fittizi
- Per ognuna delle nove possibili coppie <immobile, utente> sono stati riportati i 5 immobili suggeriti dal sistema esperto



# Scenari investigati: immobile#1

Immobile #1	Budget (€)	Tipo	m <sup>2</sup>	Stato	Piano	N. camere	Ascensore	Balcone	Giardino	Classe Energetica	Città
	30.000	Attico	40	Nuovo	Terra	2	Si	No	No	1	Torino (hard)

Utente #1	> 60 anni	Auto	Sportivo	Bambini
	Si	No	Si	No

Utente #2	> 60 anni	Auto	Sportivo	Bambini
	No	Si	Si	Si

Utente #3	> 60 anni	Auto	Sportivo	Bambini
	No	No	No	No

I#1, U#1	Prezzo (€)	Tipologia	Città	Stato	m <sup>2</sup>	CF
Alloggio da 4 stanze	95.000	Alloggio	Torino	Nuovo	95	88
Attico in centro 1	65.000	Attico	Torino	Ristrutturato	48	84
Alloggio da 2 stanze 2	55.000	Alloggio	Torino	Ristrutturare	55	81
Alloggio ristrutturato	99.000	Alloggio	Torino	Ristrutturato	75	81
Villa da 7 stanze	450.000	Villa	Torino	Ristrutturato	130	78

I#1, U#2	Prezzo (€)	Tipologia	Città	Stato	m <sup>2</sup>	CF
Attico in centro 1	65.000	Attico	Torino	Ristrutturato	48	85
Alloggio da 4 stanze	95.000	Alloggio	Torino	Nuovo	95	84
Alloggio con giardino privato	68.000	Alloggio	Torino	Ristrutturare	59	77
Alloggio in piazza del Duomo	74.000	Alloggio	Torino	Ristrutturare	45	77
Alloggio da 2 stanze 2	55.000	Alloggio	Torino	Ristrutturare	55	76

I#1, U#3	Prezzo (€)	Tipologia	Città	Stato	m <sup>2</sup>	CF
Attico in centro 1	65.000	Attico	Torino	Ristrutturato	48	89
Alloggio da 4 stanze	95.000	Alloggio	Torino	Nuovo	95	87
Alloggio con giardino privato	68.000	Alloggio	Torino	Ristrutturare	59	79
Alloggio in piazza del Duomo	74.000	Alloggio	Torino	Ristrutturare	45	78
Alloggio da 2 stanze 2	55.000	Alloggio	Torino	Ristrutturare	55	77



# Scenari investigati: immobile#2

Immobile #2	Budget (€)	Tipo	m <sup>2</sup>	Stato	Piano	N. camere	Ascensore	Balcone	Giardino	Classe Energetica	Città
	500.000	Villa	180	Indiff.	Indiff.	5	No	Si	Si	3	Roma

Utente #1	> 60 anni	Auto	Sportivo	Bambini
	Si	No	Si	No

Utente #2	> 60 anni	Auto	Sportivo	Bambini
	No	Si	Si	Si

Utente #3	> 60 anni	Auto	Sportivo	Bambini
	No	No	No	No

I#2, U#1	Prezzo (€)	Tipologia	Città	Stato	m <sup>2</sup>	CF
Villa da 7 stanze	450.000	Villa	Torino	Ristrutturato	130	90
Villa con giardino	370.000	Villa	Novara	Nuovo	135	86
Villa da 10 stanze	575.000	Villa	Novara	Ristrutturare	200	86
Villa unifamiliare e da ristrutturare	530.000	Villa	Palermo	Ristrutturare	175	86
Villa da 8 stanze	334.000	Villa	Novara	Nuovo	160	85

I#2, U#2	Prezzo (€)	Tipologia	Città	Stato	m <sup>2</sup>	CF
Villa da 10 stanze	575.000	Villa	Novara	Ristrutturare	200	91
Villa da 8 stanze	334.000	Villa	Novara	Nuovo	160	90
Villa unifamiliare e da ristrutturare	530.000	Villa	Palermo	Ristrutturare	175	89
Villa unifamiliare	314.000	Villa	Civitavecchia	Nuovo	105	88
Villa nuova con giardino	640.000	Villa	Catania	Nuovo	230	87

I#2, U#3	Prezzo (€)	Tipologia	Città	Stato	m <sup>2</sup>	CF
Villa unifamiliare da ristrutturare	530.000	Villa	Palermo	Ristrutturare	175	93
Villa da 10 stanze	575.000	Villa	Novara	Ristrutturare	200	92
Villa da 8 stanze	334.000	Villa	Novara	Nuovo	160	90
Villa da 7 stanze	450.000	Villa	Torino	Ristrutturato	130	89
Villa bifamiliare	1.000.000	Villa	Civitavecchia	Ristrutturare	400	85



# Scenari investigati: immobile#3

Immobile #3	Budget (€)	Tipo	m²	Stato	Piano	N. camere	Ascensore	Balcone	Giardino	Classe Energetica	Città
	800.000	Indiff.	250	Ristrutturato	Indiff.	8	No	Si	Si	8	Catania

Utente #1	> 60 anni	Auto	Sportivo	Bambini
	Si	No	Si	No

Utente #2	> 60 anni	Auto	Sportivo	Bambini
	No	Si	Si	Si

Utente #3	> 60 anni	Auto	Sportivo	Bambini
	No	No	No	No

I#3, U#1	Prezzo (€)	Tipologia	Città	Stato	m²	CF
Villa da 7 stanze	450.000	Villa	Torino	Ristrutturato	130	84
Villa ristrutturata con giardino	850.000	Villa	Palermo	Ristrutturato	350	84
Alloggio con vista mare	178.000	Alloggio	Catania	Ristrutturato	60	80
Villa bifamigliare	1.000.000	Villa	Civitavecchia	Ristrutturare	400	79
Alloggio ristrutturato	99.000	Alloggio	Torino	Ristrutturato	75	78

I#3, U#2	Prezzo (€)	Tipologia	Città	Stato	m²	CF
Villa ristrutturata con giardino	850.000	Villa	Palermo	Ristrutturato	350	89
Villa nuova con giardino	640.000	Villa	Catania	Nuovo	230	83
Villa da 10 stanze	575.000	Villa	Novara	Ristrutturare	200	80
Villa da 7 stanze	450.000	Villa	Torino	Ristrutturato	130	79
Villa bifamigliare	1.000.000	Villa	Civitavecchia	Ristrutturare	400	77

I#3, U#3	Prezzo (€)	Tipologia	Città	Stato	m²	CF
Villa ristrutturata con giardino	850.000	Villa	Palermo	Ristrutturato	350	89
Villa bifamigliare	1.000.000	Villa	Civitavecchia	Ristrutturare	400	82
Villa da 7 stanze	450.000	Villa	Torino	Ristrutturato	130	82
Villa nuova con giardino	640.000	Villa	Catania	Nuovo	230	81
Alloggio con vista mare	178.000	Alloggio	Catania	Ristrutturato	60	80





# Conclusioni sulla bontà e limiti della soluzione

Riguardo la soluzione proposta è opportuno considerare alcune scelte progettuali:

- Sono stati definiti i pesi in funzione di singoli attributi, non n-uple di attributi:
  - ☐ La quantità di pesi è stata estremamente ridotta, semplificando il compito dell'esperto del dominio
  - ☐ Ciò implica una minor precisione da parte del sistema esperto.  
Inoltre, all'aumentare della quantità di attributi che descrivono un certo immobile, il contributo finale dei singoli attributi al calcolo del CF decresce
- Conoscenza di dominio ridotta, non sperimentalmente verificata
- E' possibile ritrattare solo il valore di una quantità ristretta di attributi
- Per semplicità, non vengono riportati tutti gli attributi caratterizzanti gli immobili proposti
- Base di dati fornita di esempi rappresentativi, ma ridotta dimensione

