

Politecnico di Milano  
Facoltà di Ingegneria dell'Informazione



Marco Furlan  
un'estensione temporale delle logiche  
descrittive fuzzy

*verso  $f$ -SHOIQ<sup>+</sup>T*

Tesi di laurea in Ingegneria Informatica V. O.  
anno accademico 2006 – 2007  
matricola 645420

Relatore: Chiar.mo Prof. Marco Colombetti

# *un'estensione temporale delle logiche descrittive fuzzy*

- Introduzione
- Corpo
- Applicazioni
- Conclusioni

# *un'estensione temporale delle logiche descrittive fuzzy*

- **Introduzione**
  - Logiche descrittive (description logics)
  - Semantic web
  - Ontologie
  - Il tempo
  - Logiche fuzzy
  - Il divenire
    - divenire I
    - divenire II
    - divenire III
- Corpo
- Applicazioni
- Conclusioni

## Logiche descrittive (DL)

- classe di linguaggi logici del primo ordine (**FOL**).
- formalismi progettati per la ricostruzione logica e l'estensione di strumenti di Rappresentazione della Conoscenza (*Knowledge Representation*).
- alta **espressività** +
- **decidibilità**: gli algoritmi di *reasoning* terminano sempre, con le risposte corrette
- impiegate nel *Semantic Web*

# *Semantic Web*

- Il web di terza generazione.
- Obiettivo: convertire l'attuale ricerca automatica di mera *Informazione* in ricerca automatica di *Conoscenza*, cioè ricerca intelligente dei contenuti.
- A questo fine, descriviamo i dati tramite concetti e relazioni strutturati in *Ontologie*, per le quali possa essere applicato il *reasoning* automatico.

# Ontologia

- *Ontologia*: descrizione logica di una parte del mondo, organizzata in **Concetti** e relazioni tra concetti (**Ruoli**).
- Gran parte delle *ontologie* realizzate finora sono analoghe a fotografie istantanee.
  - Si congela una parte del mondo e si impone che la sua descrizione sia valida eternamente.
  - Si utilizzano linguaggi logici **statici**, indipendenti dal tempo.

# Ontologia

- Oppure, quando si assegna una *dipendenza dal tempo*, questa dipendenza rimane **esterna** all'ontologia
- si realizza un'ontologia e si rende l'**interpretazione** dipendente dal tempo
- L'interpretazione assegna *dall'esterno* diversi valori d'appartenenza agli individui, a seconda dell'istante

# Il tempo

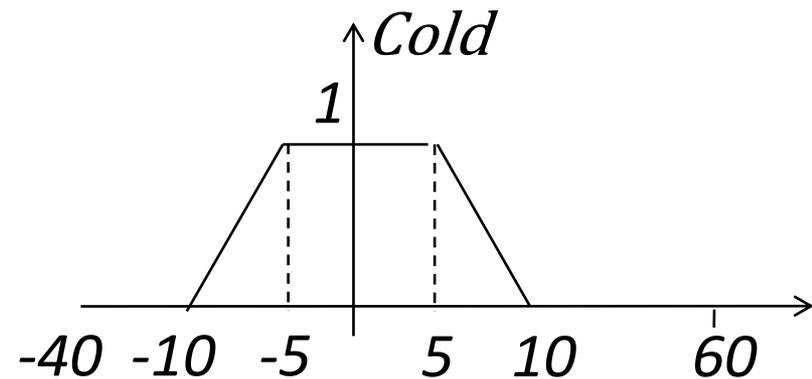
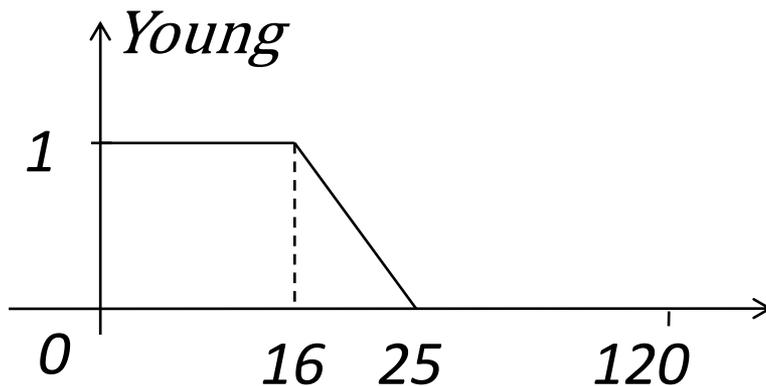
- Il *tempo* nell'essenza della vita e del mondo.
- Grandi questioni di conoscenza sono relative all'*evoluzione temporale*, globale oppure individuale. Esempi.
- Campo *sanitario*. I medici sono spesso più interessati, per i propri pazienti, all'andamento nel tempo dei fattori fisiologici (pressione, glicemia, temperatura ecc.), piuttosto che ai singoli valori istantanei.
- Campo *ecoambientale*. Si discute di riscaldamento globale del nostro pianeta: interessa poco la singola temperatura della singola località, ma più l'evoluzione nel tempo delle temperature di un campione significativo di località.
- Campo del *controllo automatico*. Molti sistemi sono intrinsecamente dinamici. In un sistema preda – predatori, interessa sapere se il predatore si avvicina alla preda o, ancor più, se una determinata parte dei predatori si avvicina alla preda.

# Logiche fuzzy

- Le mie ricerche si applicano sia alle logiche *crisp* che alle logiche *fuzzy*. Nelle logiche *fuzzy* si arricchiscono notevolmente.
- Logiche *crisp* (taglienti, croccanti): logiche tradizionali aristoteliche, quelle del vero-falso e terzo escluso, dove ogni elemento appartiene ad un concetto oppure non vi appartiene, cioè vi appartiene con valore **0** o **1**, in modo esclusivo.
- Logiche *fuzzy* (sfumate): un'estensione delle logiche *crisp*.
  - Sono permessi diversi **gradi d'appartenenza** ai concetti, compresi in  $[0, 1]$ .
  - Sono ammessi **concetti sfumati** assai vicini all'intendere umano, quali *Vicino*, *Giovane* ecc., che hanno difficoltà ad essere espressi nelle logiche *crisp*.

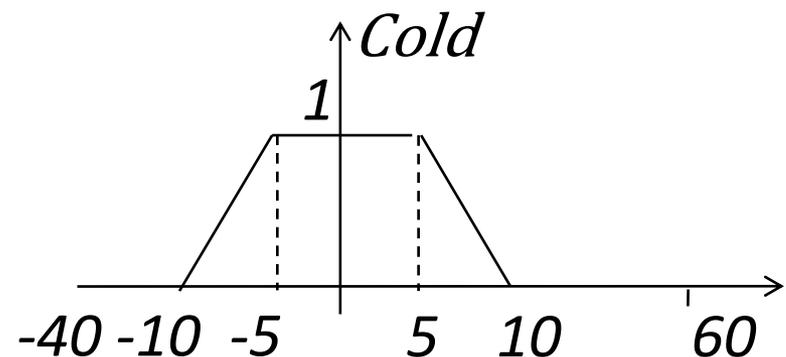
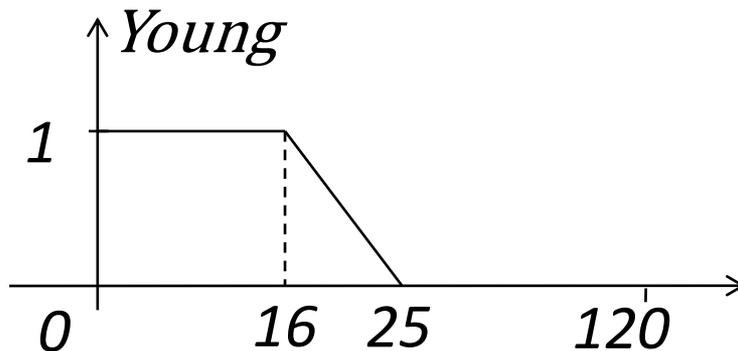
# Logiche fuzzy

- I concetti fuzzy possono avere una *membership function* esplicita. Es.: *Young, Cold*
- ... ma non è necessaria. Es.: *Happy, Blonde*



# *Trap(): prototipo di membership function*

- funzione parametrica
  - *Trap(tipo, a, b, c, d, min, max)*
- utilizzabile come prototipo per la definizione di vasta classe di *membership functions*.
- *Young = Trap(0, 0, 16, 25, 0, 120)*
- *Cold = Trap(-10, -5, 5, 10, -40, 60)*



# *Il divenire I*

- Il mio intento: esprimere in linguaggio logico descrittivo espressioni del linguaggio naturale che contengano il *divenire*.
- *divenire I*: transizione dall'appartenenza ad un concetto ad un altro, es.
  - *Sciolto*:            “*Solido*            →            *Liquido*”
  - *Avvicinato*:        “*Lontano*        →            *Vicino*”
  - *Riscaldato*:        “*Freddo*        →            *Caldo*”

## *Il divenire II*

- ▣ ***divenire II***: andamento dell'appartenenza ad un concetto.
  - gli andamenti di
    - **Incremento** ↗  
 “*SemprePiù Caldo*”,                      “*SemprePiù Vicino*”
    - **Decremento** ↘  
 “*SempreMeno Caldo*”,                      “*SempreMeno Vicino*”
    - **Costanza** ⇔  
 “*Costantemente Caldo*”,                      “*Costantemente Vicino*”
  - e le relative *oscillazioni* nell'andamento.

## *il divenire III*

- *divenire III*: quantificazione sulla frequenza o sul numero delle occorrenze nel tempo, per l'appartenenza ad un concetto.
  - *“Sempre                      Caldo”*
  - *“Solitamente                Vicino”*
  - *“Circa 2 volte su 3        acquista Prodotti Costosi”*
    - Avverbi temporali



# *un'estensione temporale delle logiche descrittive fuzzy*

- Introduzione
- **Corpo**
- Applicazioni
- Conclusioni

# *un'estensione temporale delle logiche descrittive fuzzy*

- Introduzione
- **Corpo**
  - Approccio
  - Ontologia Superiore, partizione dell'universo
  - Concetti Statici
  - Concetti Dinamici
  - Operatori temporali
  - Operatori SubsNext, SubsPrev
  - Operatori e concetti d'Andamento
  - Operatori e concetti d'Andamento monotono
  - Quasi-sussunzione
  - Quantificatori temporali
- Applicazioni
- Conclusioni

# Approccio

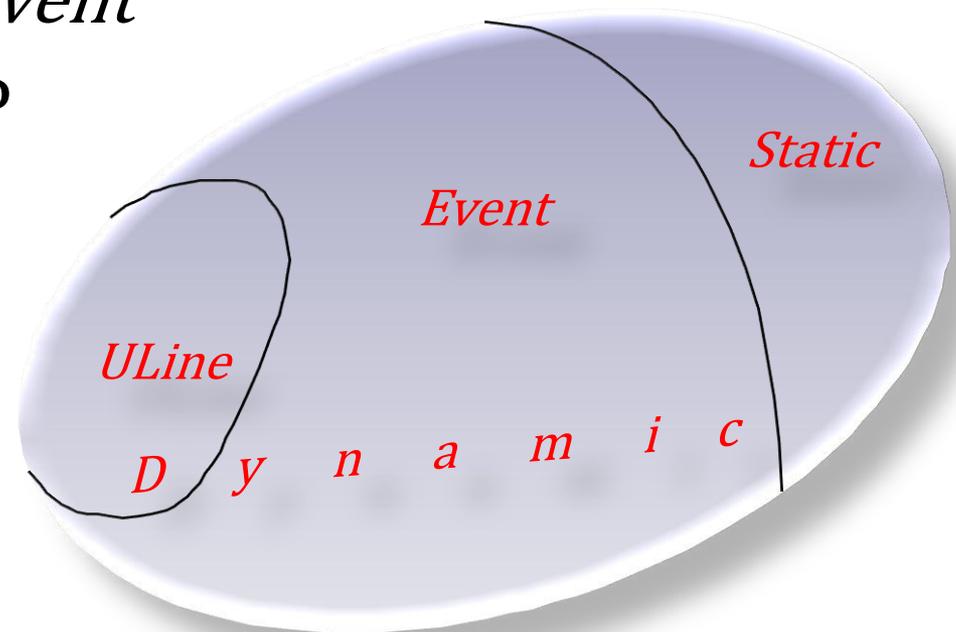
- Mantenere la struttura di base delle DL statiche: in particolare, partire dalla classe *SHOIN(D)*
  - *SHOIN(D)*: classe di linguaggi decidibili e con una buona espressività, utilizzati, tra gli altri, dal linguaggio per ontologie OWL-DL.
- Ogni ontologia contenga internamente la descrizione dinamica
- Introdurre la dimensione temporale internamente al linguaggio logico, come un Dominio Concreto, costituito da istanti di tempo puntuali a valore reale
- L'interpretazione può rimanere indipendente dal tempo.

# Ontologia Superiore

- Nuova Ontologia Superiore (*Upper Ontology*): il mondo è partizionato in
  - *Static*: individui statici, non soggetti ad evoluzione. Es. **idrogeno**.
  - *Dynamic*: individui dinamici, dipendenti dal tempo. Es. **marco**.
- Individuo dinamico: descritto dai nuovi concetti
  - *Linea Universo ULine*
  - *Evento Event*
    - concetti mutuati dalla fisica moderna.

# La partizione dell'universo

- $\top \equiv \textit{Static} \sqcup \textit{Dynamic}$
- $\textit{Dynamic} \equiv \textit{Uline} \sqcup \textit{Event}$
- $\textit{Static} \cap \textit{Dynamic} = \Phi$
- $\textit{Uline} \cap \textit{Event} = \Phi$



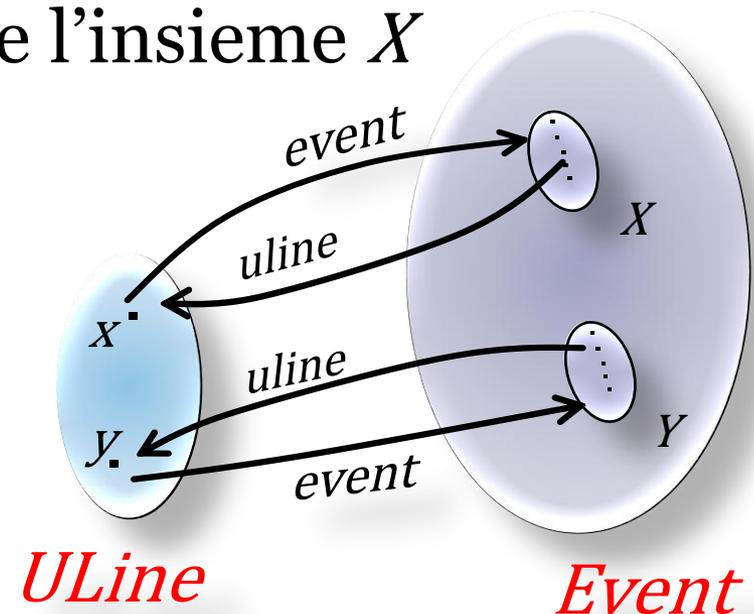
# *Linee Universo ed Eventi*

- Linea Universo *Uline*: rappresenta il se', l'astrazione dell'individuo dinamico
- Evento *Event*: rappresenta una realizzazione nel tempo dell'individuo dinamico
  - *incarnazione, manifestazione, istanza, avatar...*
  - *Evento spaziotemporale della fisica*

# Linee Universo ed Eventi

- Individuo dinamico: rappresentato univocamente da una e una sola Linea Universo *ULine*.
- Ad ogni *Uline*  $x$  corrisponde l'insieme  $X$  sottoinsieme di *Event*,  

$$X = event(x) \sqsubseteq Event$$
- Ad ogni *Event* corrisponde una e una sola *ULine*



# Eventi

- Evento *Event*: rappresentazione dell'individuo in un particolare istante temporale.
- Il predicato concreto (ruolo funzionale) *time* associa ad ogni *Event* il suo istante temporale.
- *time* associa ad ogni individuo *Event* un unico valore del concetto *Time*
- Ad ogni valore di *Time* sono associati diversi individui *Event*

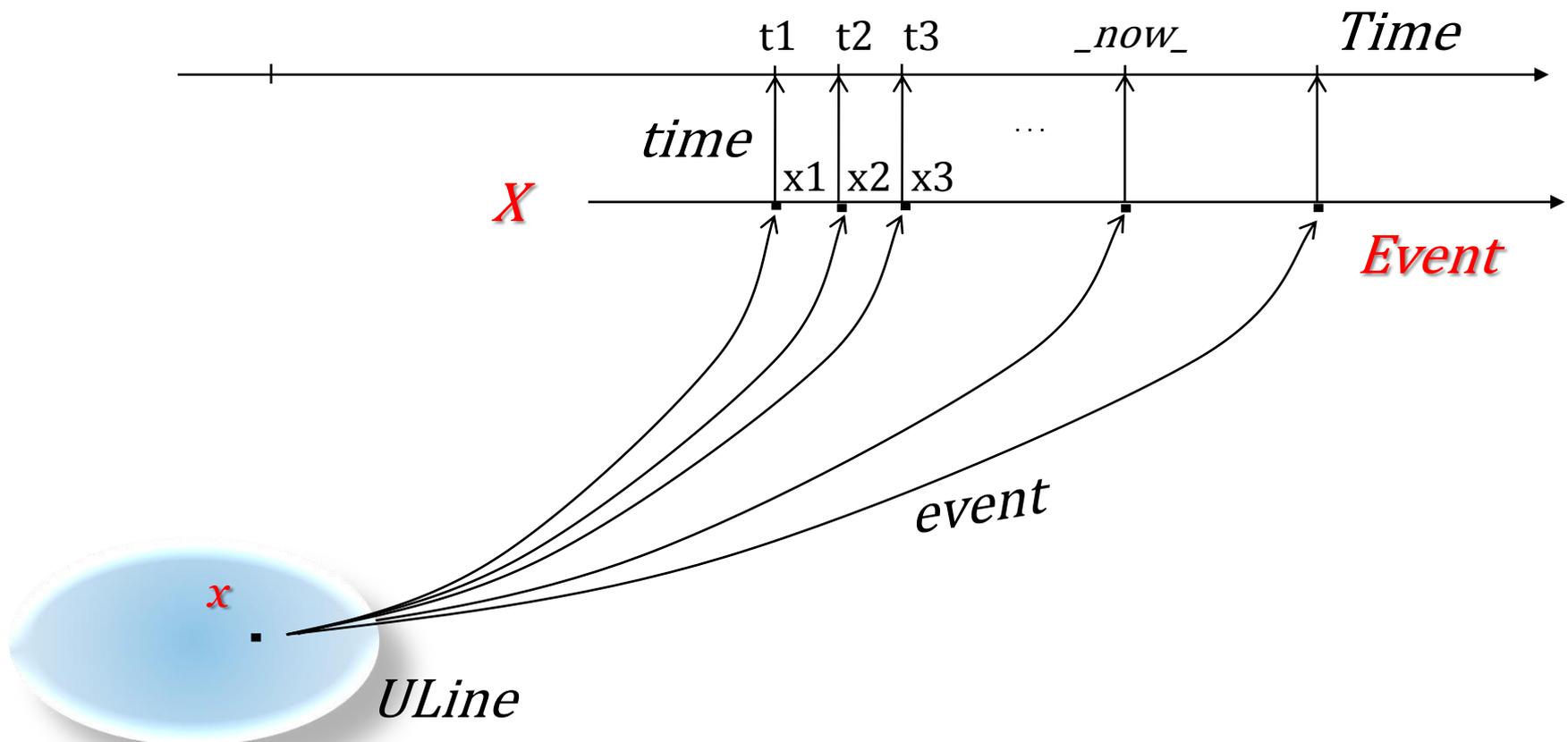
# *Time*

- Il concetto *Time* è un dominio concreto, l'insieme degli istanti di tempo puntuali, contenuto in  $\mathbb{R}$
- *Time* è ordinato, secondo l'ordinamento indotto da  $\mathbb{R}$
- *Event* è ordinato secondo l'ordinamento indotto da *Time* tramite il ruolo *time*

# Event è ordinato

- Def.: dati due individui  $x, y \in Event$ ,
- $x$  *precede*  $y$  :  $x < y$ 
  - se e solo se  $time(x) < time(y)$
- $x$  è *contemporaneo* a  $y$  :  $x =_t y$ 
  - se e solo se  $time(x) = time(y)$
- $x$  *precede o è contemporaneo* a  $y$  :  $x \leq y$ 
  - se e solo se  $time(x) \leq time(y)$
- $x$  *segue*  $y$  :  $x > y$ 
  - se e solo se  $y$  *precede*  $x$

# Event è ordinato



# *Concetti*

- *Concetti Statici*: a valutazione istantanea
- *Concetti Dinamici*: a valutazione temporale

## *Concetti Statici, 1: proprietà immutabili*

- Nelle ontologie particolari, esistono *concetti* che costituiscono proprietà *immutabili* dell'individuo (Sostanze aristoteliche).
- Esempi
  - *Persona*: se l'individuo *marco* è *Persona*, lo è per tutta la sua esistenza.
  - *Lampadina*: se l'individuo *ℓ* è *Lampadina*, lo è per tutta la sua esistenza.
- Questi concetti sono attribuiti alla *ULine* dell'individuo e sono *ereditati* da ogni suo *Event*.

## *Concetti Statici, 2: proprietà transeunti*

- Altri *concetti*, invece, sono proprietà *transeunti* e modificabili dell'individuo (Accidenti aristotelici).
- Esempi
  - *Funzionante* (crisp) per l'individuo  $\ell \in \text{Lampadina}$
  - *Felice* (fuzzy) per l'individuo **marco**  $\in \text{Persona}$
- Questi concetti sono attribuiti, nell'ontologia, ai singoli *Event* interessati e non riguardano la *ULine*.

# Concetti Dinamici

- Per esprimere il **divenire**
- Derivati da altri concetti (statici o non)
- tramite operatori temporali
  - *Until*  $\mathcal{U}$                       *Since*  $\mathcal{S}$
  - *always*  $\square$                       *sometime*  $\diamond$
  - *Next*  $\oplus$                               *Prev*  $\ominus$
  - *SubsNext*                              *SubsPrev*
  - *Incr*  $\nearrow$                               *Decr*  $\searrow$                       *Const*  $\Leftrightarrow$
  - *MonIncr*                              *MonDecr*
- o tramite quantificatori temporali
  - *Often*      *Usually*                      ecc.
- valutazione su un individuo: da considerazioni sull'insieme dei suoi *Event* (tutto o una sua parte).

# Operatori temporali I

- ▣ *Until*  $\mathcal{U}$
- ▣ *Since*  $\mathcal{S}$
- operatori temporali binari, per esprimere il *divenire*  $I$ , transizione da un concetto ad un altro:
  - ▣ *Sciolto* = *Solido*  $\mathcal{U}$  *Liquido*
  - ▣ *Avvicinato* = *Lontano*  $\mathcal{U}$  *Vicino*
  - ▣ *Riscaldato* = *Freddo*  $\mathcal{U}$  *Caldo*
  - ▣ *Maturato* = *Maturo*  $\mathcal{S}$  *Maggiorenne*
- nuova semantica

## Operatori temporali II

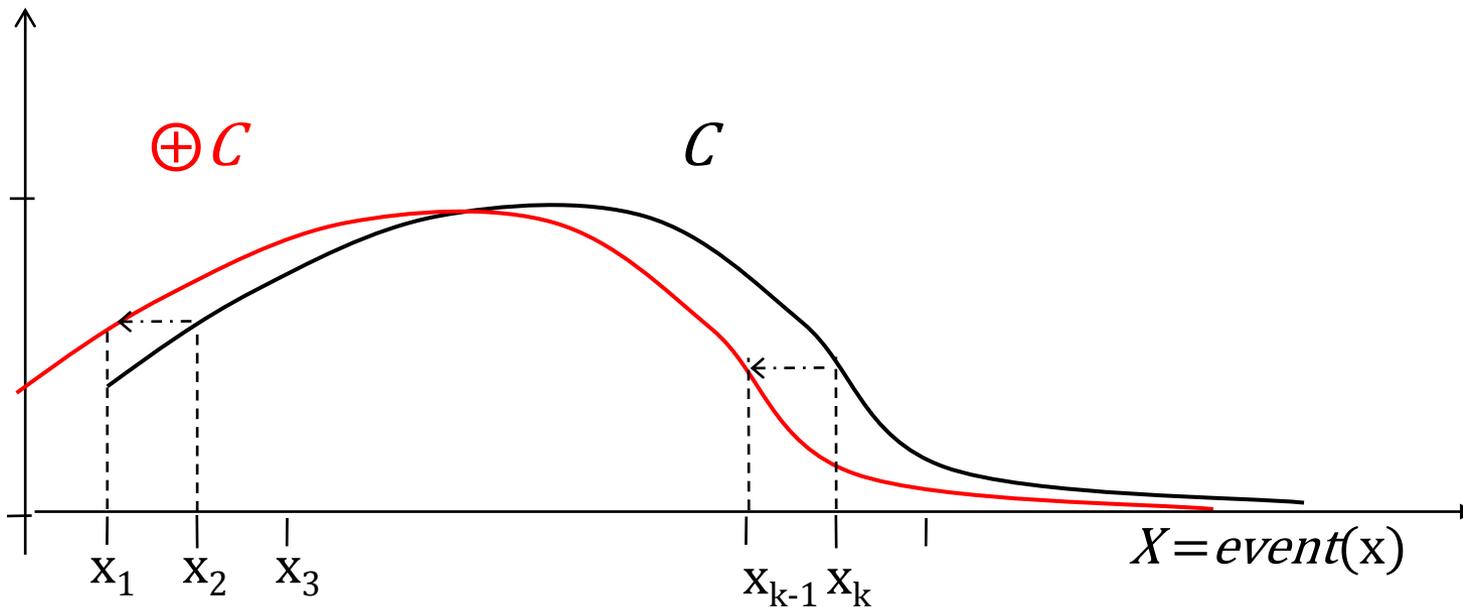
- *always* □
- *sometime* ◇
- operatori temporali unari, per esprimere una parte del *divenire III*, come frequenza d'appartenenza ad un concetto.
  - *SempreVerde* = □ *Green*
  - *AvolteStanco* = ◇ *Tired*
  - *Cliente* = ◇ *buys.Product*
- nuova semantica

# Operatori temporali III

- altri importanti operatori temporali unari.
  - *Next*  $\oplus$ 
    - Per ogni concetto  $C$ ,  $\oplus C$  è il concetto contenente tutti gli *Event* di  $C$  (tranne l'ultimo), ognuno col grado d'appartenenza che ha in  $C$  il suo successore.
  - *Prev*  $\ominus$  (Previous)
    - Per ogni concetto  $C$ ,  $\ominus C$  è il concetto contenente tutti gli *Event* di  $C$  (tranne il primo), ognuno col grado d'appartenenza che ha in  $C$  il suo predecessore.

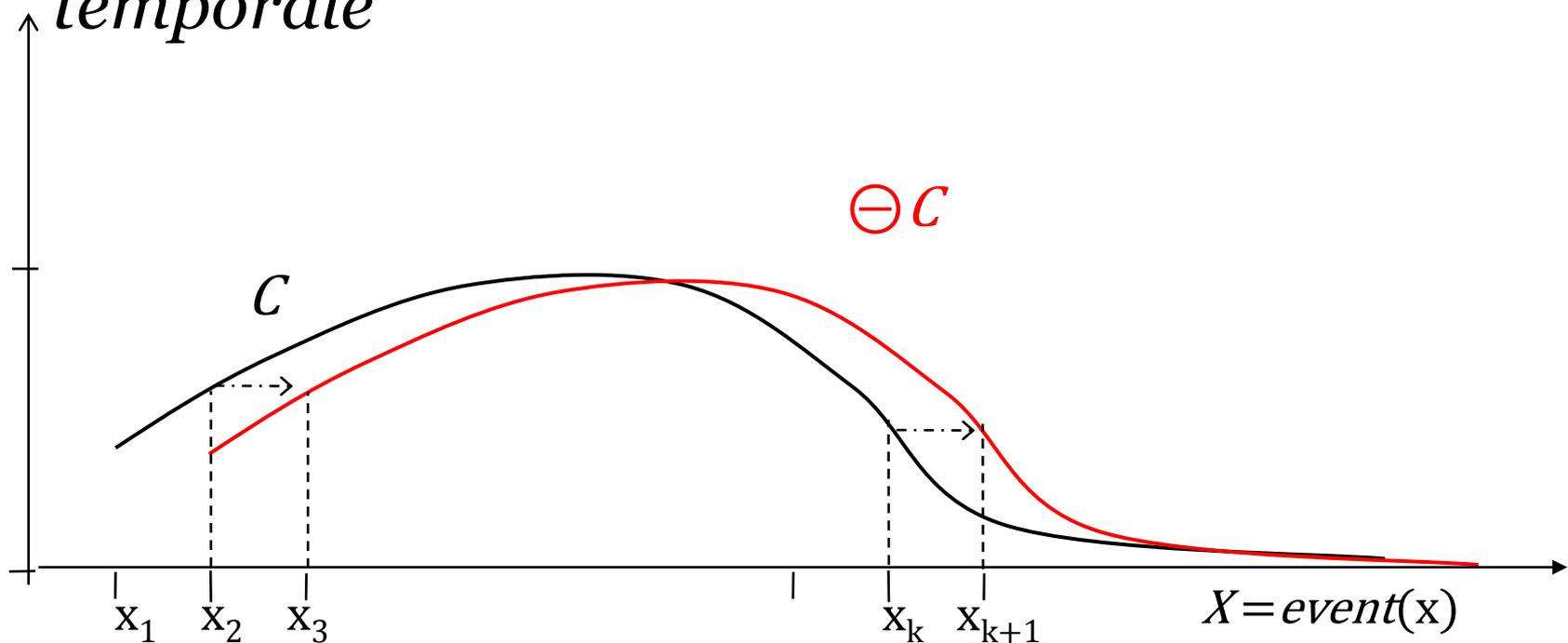
# Operatore $\oplus \equiv Next$

- $\oplus C \equiv Next C \leftrightarrow$  *traslazione all'indietro di un'unità temporale*



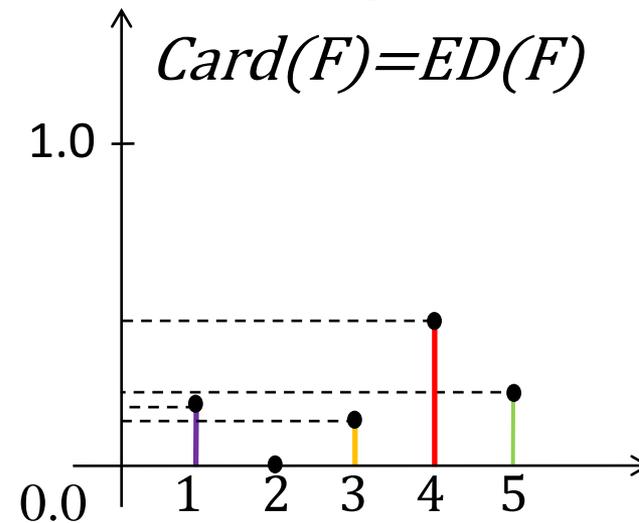
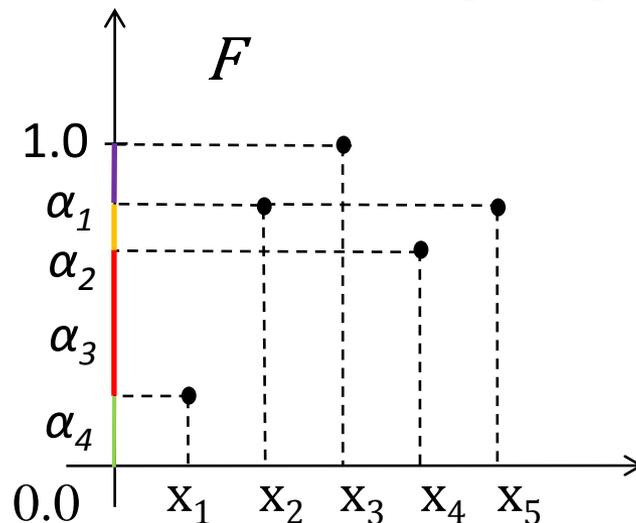
# Operatore $\ominus \equiv Prev$

- $\ominus C \equiv Prev C \leftrightarrow$  *traslazione in avanti di un'unità temporale*



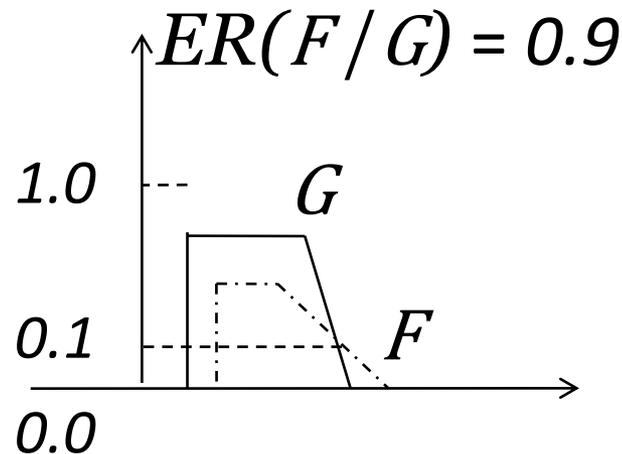
# Cardinalità di un insieme fuzzy

- Cardinalità fuzzy di un insieme fuzzy: a sua volta un insieme fuzzy.
- Metodo *ED* per insiemi discreti: per ogni intero  $q$ ,  $ED(F, q) = \Delta\alpha_i = \alpha_i - \alpha_{i+1}$  per cui  $|F_{\alpha_i}| = q$



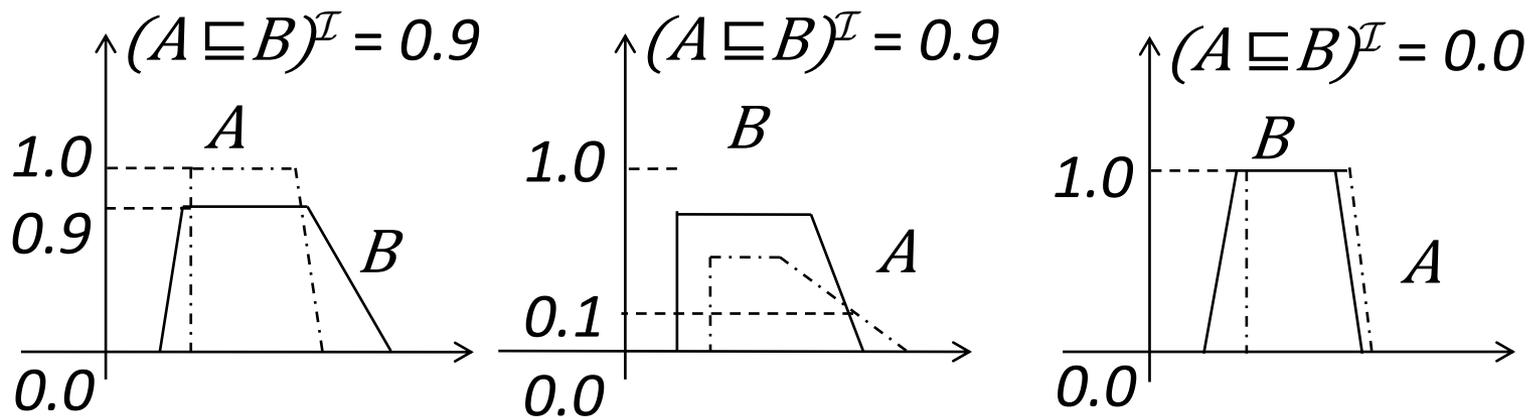
## Cardinalità relativa di 2 insiemi fuzzy

- $ER(F / G) = \sum \Delta \alpha_i$  per cui  $(F_{\alpha_i}) \subseteq (G_{\alpha_i})$
- Somma degli intervalli  $\alpha$  per cui  $F$  è incluso in  $G$



## Sussunzione tra due concetti

- *Sussunzione* tra due concetti *crisp*: inclusione tra gli insiemi corrispondenti
- *Sussunzione* tra due concetti *fuzzy*: grado d'inclusione tra gli insiemi corrispondenti

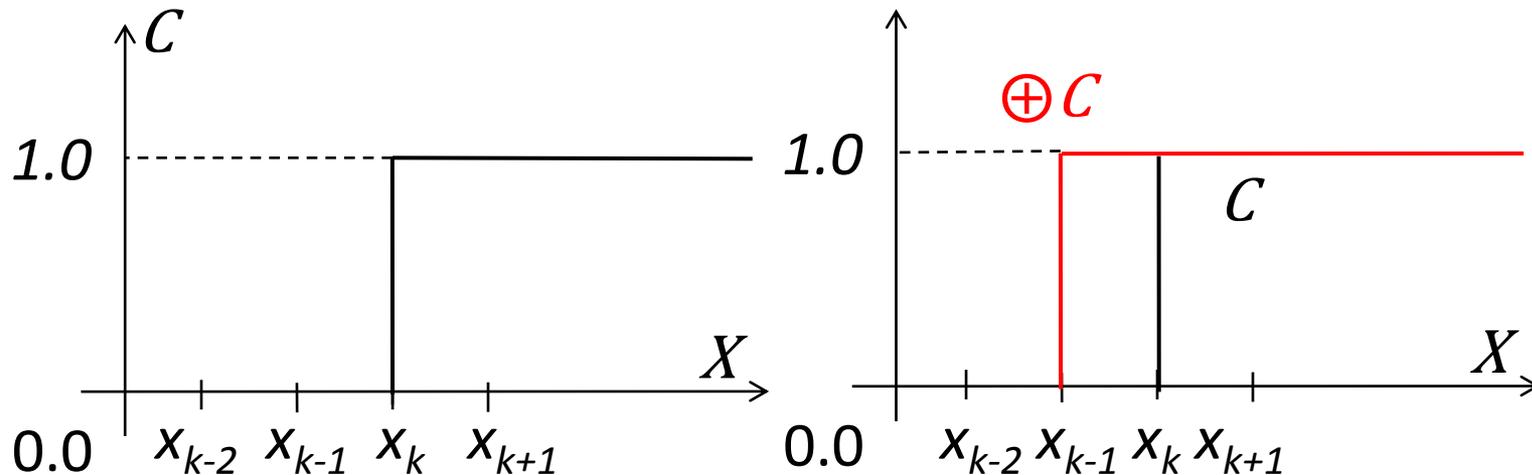


# Operatori *SubsNext*, *SubsPrev*

- Def. di due nuovi operatori unari *SubsNext* e *SubsPrev*
- applicati ad un concetto  $C$ , creano i due seguenti nuovi concetti
- $SubsNextC \equiv SubsNext(C): C \sqsubseteq \oplus C$
- $SubsPrevC \equiv SubsPrev(C): C \sqsubseteq \ominus C$
- Semantica
  - $SubsNextC^I(x) = (CX \sqsubseteq \oplus CX)^I$
  - $SubsPrevC^I(x) = (CX \sqsubseteq \ominus CX)^I$ 
    - con  $CX \equiv C \sqcap X$ ,  $X = event(x)$ , per ogni  $x \in Uline$

# Andamento crescente crisp

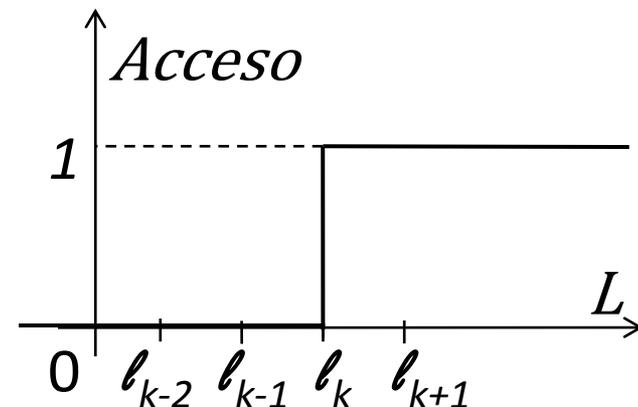
- Per  $x$ ,  $C$  è a gradino crescente, quindi
- Ristretto a  $X$ ,  $C$  è completamente incluso in  $\oplus C$ :
  - $SubsNext(C)^I(x) = (CX \sqsubseteq \oplus CX)^I = 1.0$
  - $SubsPrev(C)^I(x) = (CX \sqsubseteq \ominus CX)^I = 0.0$



## Andamento crescente crisp: esempio

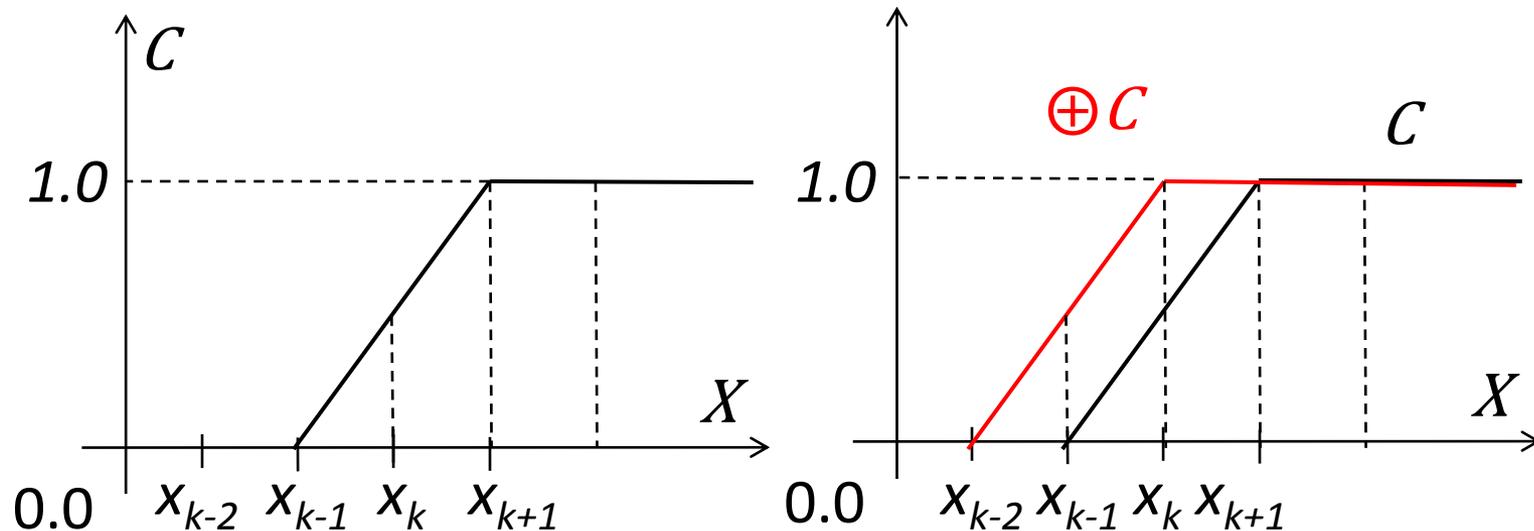
- Individuo  $\ell$  di tipo *Lampadina*; concetto *Acceso*.
- Se  $\ell$  passa dallo stato spento allo stato acceso e rimane in questo stato,
- *Acceso*( $\ell$ ), l'appartenenza di  $\ell$  ad *Acceso*, è crescente :

$$\square \text{SubsNext}(\text{Acceso})^{\mathcal{I}}(\ell) = 1.0$$



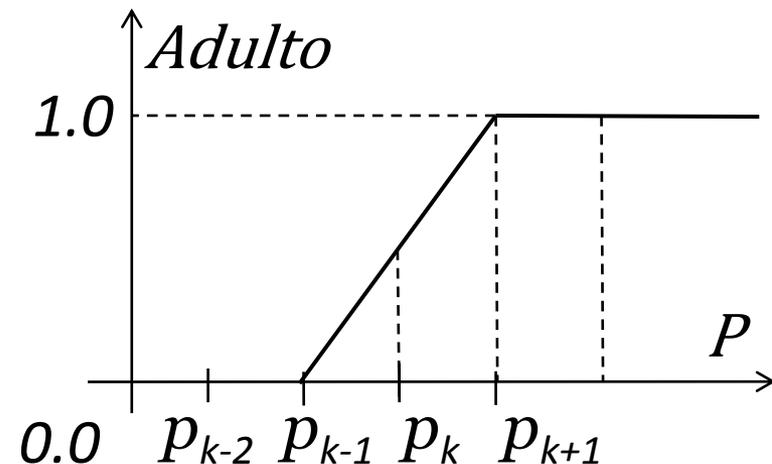
# Andamento crescente fuzzy

- Per  $x$ ,  $C$  è crescente monotono
- Ristretto a  $X$ ,  $C$  è completamente incluso in  $\oplus C$ :
  - $SubsNext(C)^I(x) = (CX \sqsubseteq \oplus CX)^I = 1.0$
  - $SubsPrev(C)^I(x) = (CX \sqsubseteq \ominus CX)^I = 0.0$



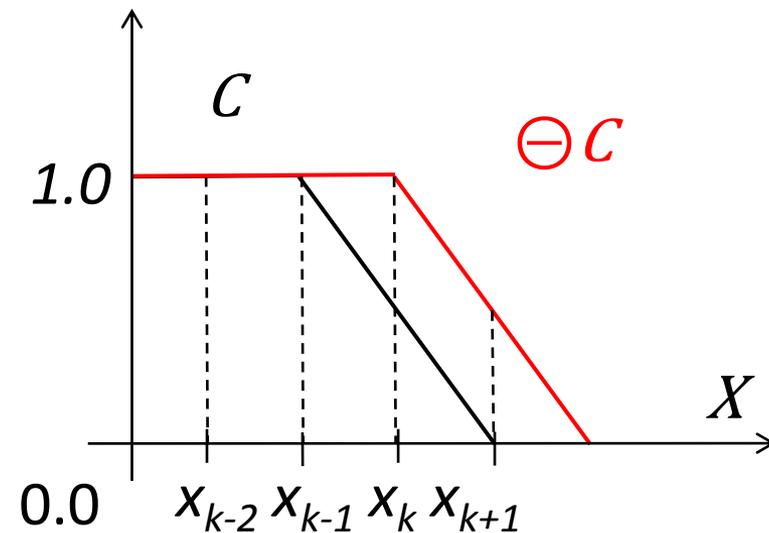
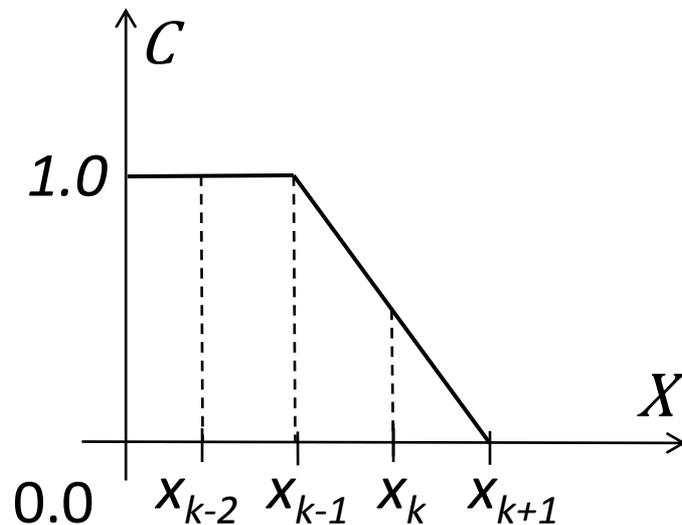
## Andamento crescente fuzzy: esempio

- Individuo  $p$  di tipo *Persona*; concetto *Adulto*. Se l'età di  $p$  aumenta sempre, il valore di appartenenza di  $p$  in *Adulto* è crescente,
- $Adulto(p)$  è crescente :
  - $SubsNext(Adulto)^{\mathcal{I}}(p) = 1.0$



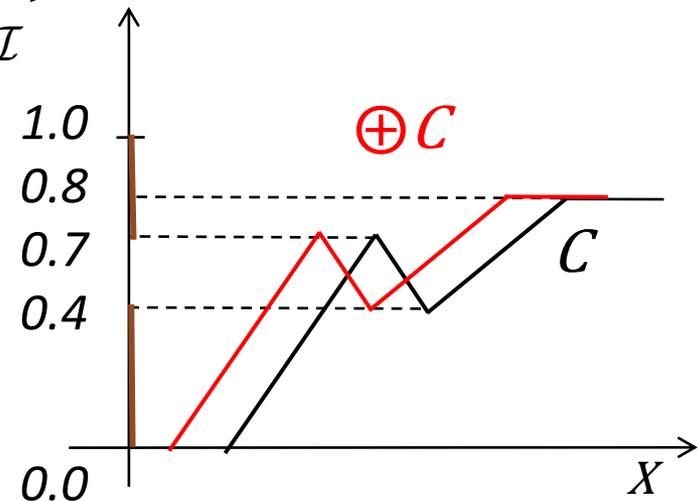
# Andamento decrescente fuzzy

- $C$  è decrescente monotono
- $C$  è completamente incluso in  $\ominus C$ :
  - $SubsNext(C)^I(x) = (CX \sqsubseteq \oplus CX)^I = 0.0$
  - $SubsPrev(C)^I(x) = (CX \sqsubseteq \ominus CX)^I = 1.0$



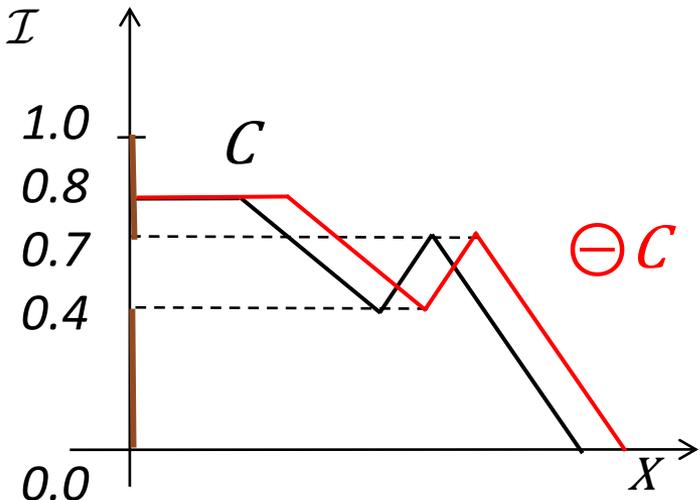
# Crescenza con oscillazione

- $C$  è mediamente crescente
- $C$  **non** è completamente incluso in  $\oplus C$ :
  - $SubsNext(C)^{\mathcal{I}}(x) = (CX \sqsubseteq \oplus CX)^{\mathcal{I}} = 0.7$
  - $SubsPrev(C)^{\mathcal{I}}(x) = (CX \sqsubseteq \ominus CX)^{\mathcal{I}} = 0.2$
- $SubsNext(C)^{\mathcal{I}} > SubsPrev(C)^{\mathcal{I}}$



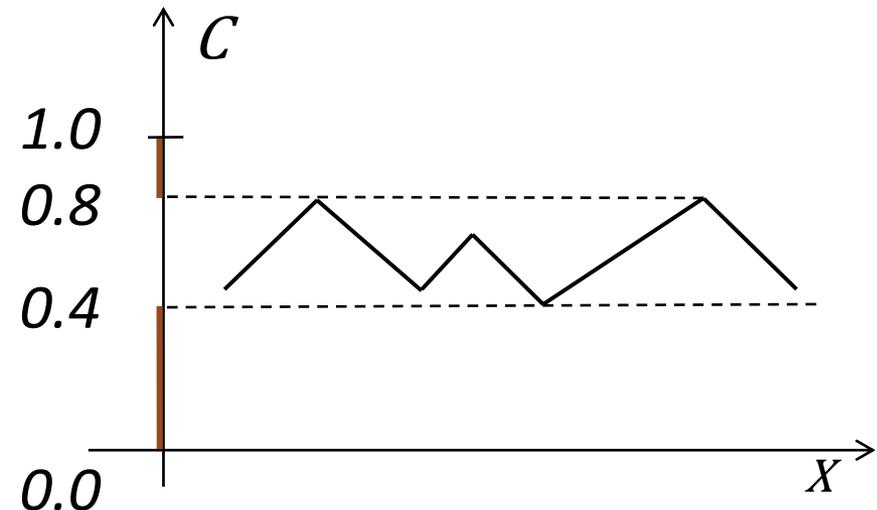
# Decrescenza con oscillazione

- $C$  è mediamente decrescente
- $C$  **non** è completamente incluso in  $\ominus C$ :
  - $SubsNext(C)^{\mathcal{I}}(x) = (CX \sqsubseteq \oplus CX)^{\mathcal{I}} = 0.2$
  - $SubsPrev(C)^{\mathcal{I}}(x) = (CX \sqsubseteq \ominus CX)^{\mathcal{I}} = 0.7$
- $SubsNext(C)^{\mathcal{I}} < SubsPrev(C)^{\mathcal{I}}$



# Costanza con oscillazione

- $C$  è mediamente costante:
  - $SubsNext(C)^{\mathcal{I}}(x) = (CX \sqsubseteq \oplus CX)^{\mathcal{I}} = 0.6$
  - $SubsPrev(C)^{\mathcal{I}}(x) = (CX \sqsubseteq \ominus CX)^{\mathcal{I}} = 0.6$
- $SubsNext(C)^{\mathcal{I}} = SubsPrev(C)^{\mathcal{I}}$



# Operatori d'Andamento e Concetti d'Andamento

- ▣ Def. di tre nuovi operatori unari: *operatori d'Andamento*
  - ▣ *Increasing*  $Incr \equiv \nearrow$
  - ▣ *Decreasing*  $Decr \equiv \searrow$
  - ▣ *Constant*  $Const \equiv \rightleftharpoons$
- ▣ Dato  $C$  concetto, nuovi *concetti d'Andamento*
  - ▣  $IncrC \equiv Incr(C) \equiv \nearrow C$
  - ▣  $DecrC \equiv Decr(C) \equiv \searrow C$
  - ▣  $ConstC \equiv Const(C) \equiv \rightleftharpoons C$

# Concetti d'Andamento: Semantica

- **Crescenza:**
- se  $SubsNextC^I(x) > SubsPrev(C)^I(x)$ , allora  
x appartiene al concetto  $\nearrow C \equiv IncrC$ :
  - $\nearrow C^I(x) = \max \{SubsNextC^I(x) - SubsPrev(C)^I(x), 0.0\}$
- **Decrescenza:**
- se  $SubsNextC^I(x) < SubsPrev(C)^I(x)$ , allora  
x appartiene al concetto  $\searrow C \equiv DecrC$ :
  - $\searrow C^I(x) = \max \{SubsPrevC^I(x) - SubsNext(C)^I(x), 0.0\}$
- **Costanza:**
- se  $SubsNextC^I(x) = SubsPrev(C)^I(x)$ , allora  
x appartiene al concetto  $\rightleftharpoons C \equiv ConstC$ :
  - $\rightleftharpoons C^I(x) = \text{if } SubsNextC^I(x) = SubsPrev(C)^I(x) \text{ then } SubsNextC^I(x) \text{ else } 0.0$

## Esprimere il divenire II

- Con gli operatori d'Andamento possiamo descrivere il *divenire II*: andamento dell'appartenenza ad un concetto.
- Crescenza  $Incr \equiv \nearrow$   
 “SemprePiùCaldo”:  $\nearrow Caldo$  ,      “SemprePiùVicino”:  $\nearrow Vicino$
- Decrescenza  $Decr \equiv \searrow$   
 “SempreMenoCaldo”:  $\searrow Caldo$  ,      “SempreMenoVicino”:  $\searrow Vicino$
- Costanza  $Const \equiv \Rightarrow$   
 “CostantementeCaldo”:  $\Rightarrow Caldo$  ,      “CostantementeVicino”:  $\Rightarrow Vicino$

# Concetti d'Andamento

- Semantica: assegna un valore dipendente sia dalla *monotonia* dell'andamento che dall'*incremento* (o decremento) effettivamente ottenuto:
- $IncrC^{\mathcal{I}}(x) = \nearrow C^{\mathcal{I}}(x)$  è tanto maggiore
  - tanto minori le *oscillazioni*
  - tanto maggiore l'*incremento* raggiunto
- $DecrC^{\mathcal{I}}(x) = \searrow C^{\mathcal{I}}(x)$  è tanto maggiore
  - tanto minori le *oscillazioni*
  - tanto maggiore il *decremento* raggiunto

# Concetti d'Andamento Monotono

- Def. di due nuovi *operatori d'Andamento Monotono* *MonIncr*, *MonDecr*.
- i *concetti d'Andamento Monotono* hanno semantica che assegna un valore dipendente solo dalla *monotonia* dell'andamento:
- *MonIncrC<sup>I</sup>* (x) è tanto maggiore
  - tanto minori le *oscillazioni*
    - per ogni incremento raggiunto positivo
- *MonDecrC<sup>I</sup>* (x) è tanto maggiore
  - tanto minori le *oscillazioni*
    - per ogni decremento raggiunto positivo

# Concetti d'Andamento Monotono

- Semantica

- ▣ *MonIncrC<sup>I</sup>(x) = if SubsNextC<sup>I</sup>(x) > SubsPrev(C)<sup>I</sup>(x) then SubsNextC<sup>I</sup>(x) else 0.0*
- ▣ *MonDecrC<sup>I</sup>(x) = if SubsNextC<sup>I</sup>(x) < SubsPrev(C)<sup>I</sup>(x) then SubsPrevC<sup>I</sup>(x) else 0.0*

## *Concetti d'Andamento*

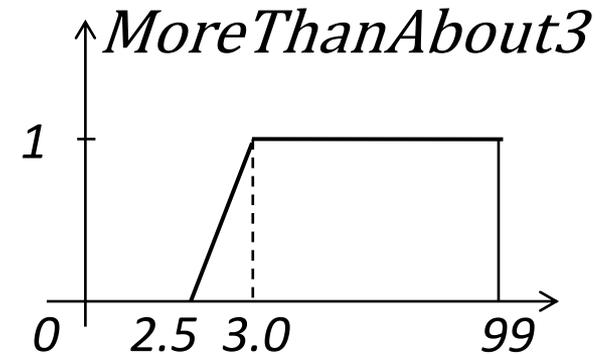
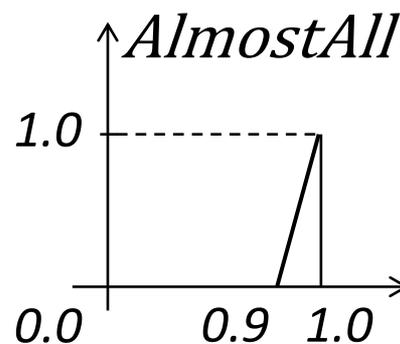
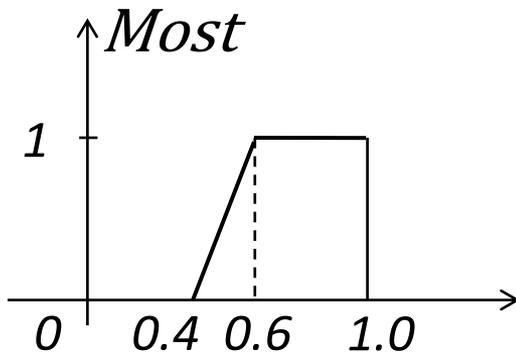
- potenti strumenti per le valutazioni dinamiche
- *concetti* fuzzy dalla semantica semplice, ottenuti tramite le operazioni elementari di *intersezione* e *sussunzione* tra concetti
- Sono parte dell'ontologia come ogni altro concetto
- utilizzabili nel *reasoning* automatico, senza complessità aggiuntive rispetto al fuzzy.

# Quantificatori fuzzy

- Ammettendo nel linguaggio logico anche i quantificatori fuzzy  $Q$ , classe di linguaggi  $Q^+$ ,
- Ulteriore aumento dell'espressività
- Possibili concetti con valutazione **quantitativa** del tipo
  - *“la maggior parte di”*
  - *“circa 3”*
  - *“alcuni”*
  - ecc.

# Quantificatori fuzzy. Esempi

- quantificatori relativi
  - *Most*: “la maggior parte di”
  - *AlmostAll*: “quasi tutti”
- quantificatori assoluti
  - *MoreThanAbout3*: “più di tre circa”



# Quantificatori fuzzy

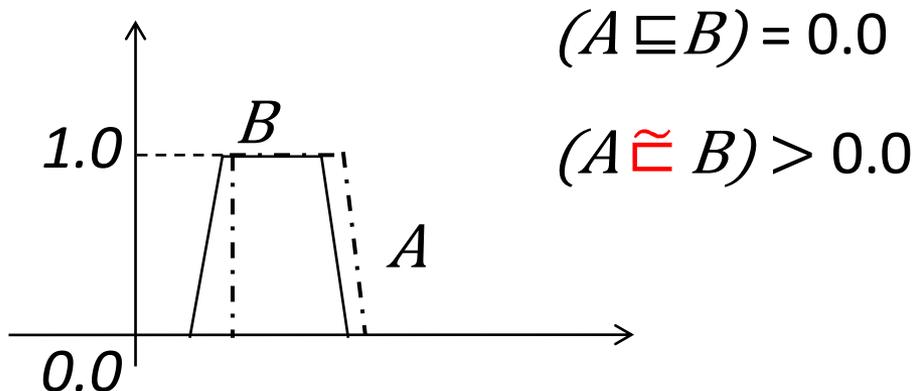
- Esempi d'uso. *Most*:
- “la *maggior parte* degli studenti è giovane”
  - $(Most) Student \sqsubseteq Young$
- “Buon cliente: la *maggior parte* dei suoi acquisti sono prodotti costosi”
  - $GoodCustomer = (Most) buys.ExpensiveProduct$

# Quantificatori fuzzy: semantica

- metodo  $GD$ , quantificatore  $Q$
- $((Q)A \sqsubseteq B)^I = GD_Q(B^I/A^I)$
- $(QR.C)^I(x) = GD_Q(R_x^I/C^I)$
- $GD_Q(B^I/A^I) = \sum_{\alpha_i} (\alpha_i - \alpha_{i+1}) Q(|A^I \cap B^I_{\alpha_i}| / |A^I_{\alpha_i}|)$
- Somma dei  $\Delta\alpha$  per cui il numero d'individui che sono sia  $A$  che  $B$  è la  $Q$  parte di  $A$

# Quasi-sussunzione

- *Quasi – sussunzione* o *soft – subsumption*



- Semantica

- sussunzione:  $(A \sqsubseteq B)^{\mathcal{I}} = GD_{All}(A^{\mathcal{I}}/B^{\mathcal{I}})$
- Quasi-sussunzione:  $(A \tilde{\sqsubseteq} B)^{\mathcal{I}} = GD_{AlmostAll}(A^{\mathcal{I}}/B^{\mathcal{I}})$

# Quantificatori temporali

- Utilizzando i quantificatori fuzzy,
- def. dei nuovi *quantificatori temporali*
- descrivono il *divenire III*:
  - quantificano sulla frequenza o sul numero delle occorrenze nel tempo, per l'appartenenza ad un concetto.
  - corrispondono ad alcuni avverbi temporali del linguaggio naturale
    - *(Sempre)Caldo*
    - *(Solitamente)Vicino*
    - *(Circa2voltesu3) acquista ProdottiCostosi*

# Quantificatori temporali: definizione

- Definizione semplice
- Dato un quantificatore  $Q$ , si definisce il suo corrispondente *quantificatore temporale* (*temporal quantifier*)  $Q_T$ :
- $Q_T \equiv (Q \text{ event } \cdot)$ 
  - *event* è il ruolo che associa ogni *Uline* a tutti i suoi *Event*
  - “.” è l'operatore di *composizione* tra ruoli
- Estendiamo la quantificazione su tutti gli eventi temporali

# Quantificatori temporali: utilizzo

- Espressioni possibili contenenti  $Q_T$  quantificatore temporale
- $Q_T r.C \equiv Q \text{ event} \cdot r.C$
- $Q_T C \equiv Q \text{ event}.C$ 
  - $r$  ruolo,  $C$  concetto
- “Solitamente acquista fiori”: *Usuallybuys.Flower*
- “Solitamente è felice”: *Usually.Happy*

## Quantificatori temporali: un esempio, 1

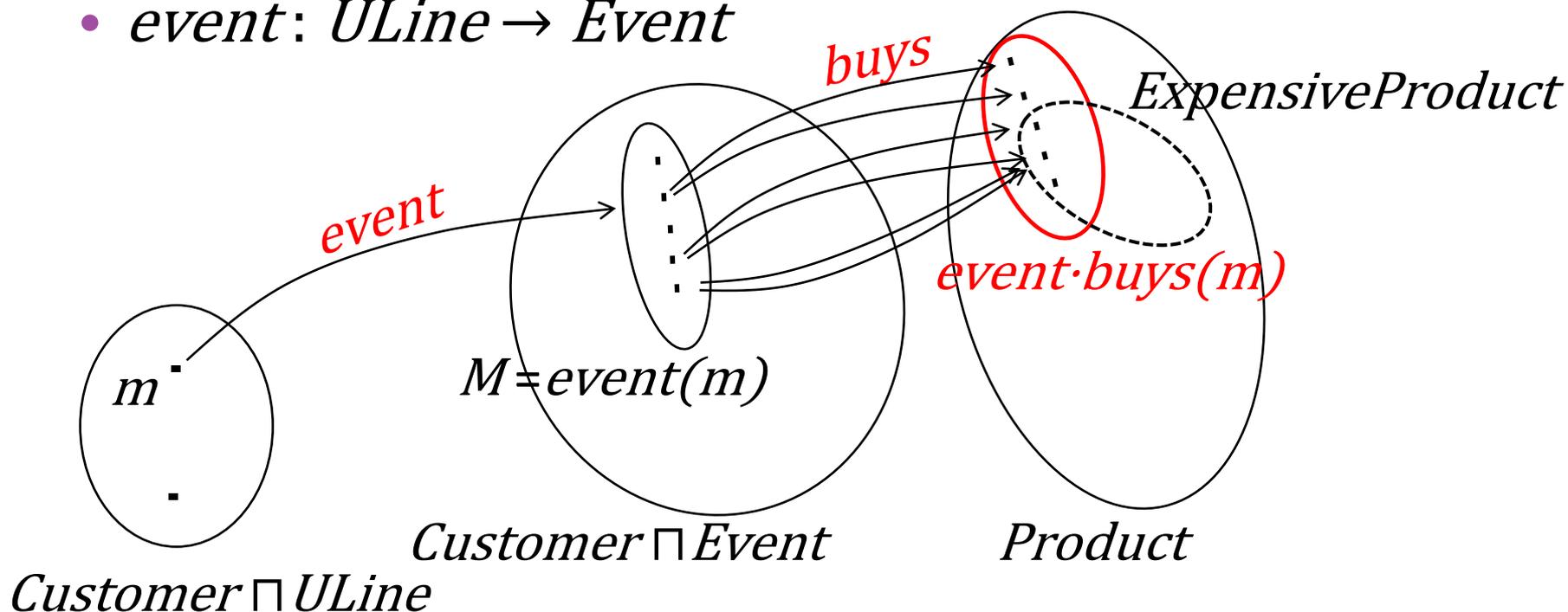
- “Buon cliente: *solitamente* acquista prodotti costosi”
- “*Solitamente*” = “*la maggior parte delle volte*”
- “*Solitamente*”: quantificazione relativa nel tempo
- Tra tutti gli acquisti *nei diversi giorni*, gli acquisti di prodotti costosi sono la maggior parte
- Gli acquisti si svolgono in tempi diversi: sempre lo stesso cliente, ma suoi diversi *Event*

## Quantificatori temporali: un esempio, 2

- Per ogni *Customer*, per ogni giorno, esiste un suo *Event*: il *Customer* nel giorno particolare
- $Customer \sqcap Event$  è l'insieme degli *Event* dei *Customer*
- Ogni giorno, ogni *Event* può fare più di un acquisto
- Ruolo *buys*:  $Customer \sqcap Event \rightarrow Product$ 
  - Rappresenta l'azione, da parte di un  $Event \sqcap Customer$ , dell'acquisto di un *Prodotto*
  - *buys* non è funzionale
- Concetto  $ExpensiveProduct \equiv Product \sqcap \exists hasPrice.HighPrice \sqsubseteq Product$

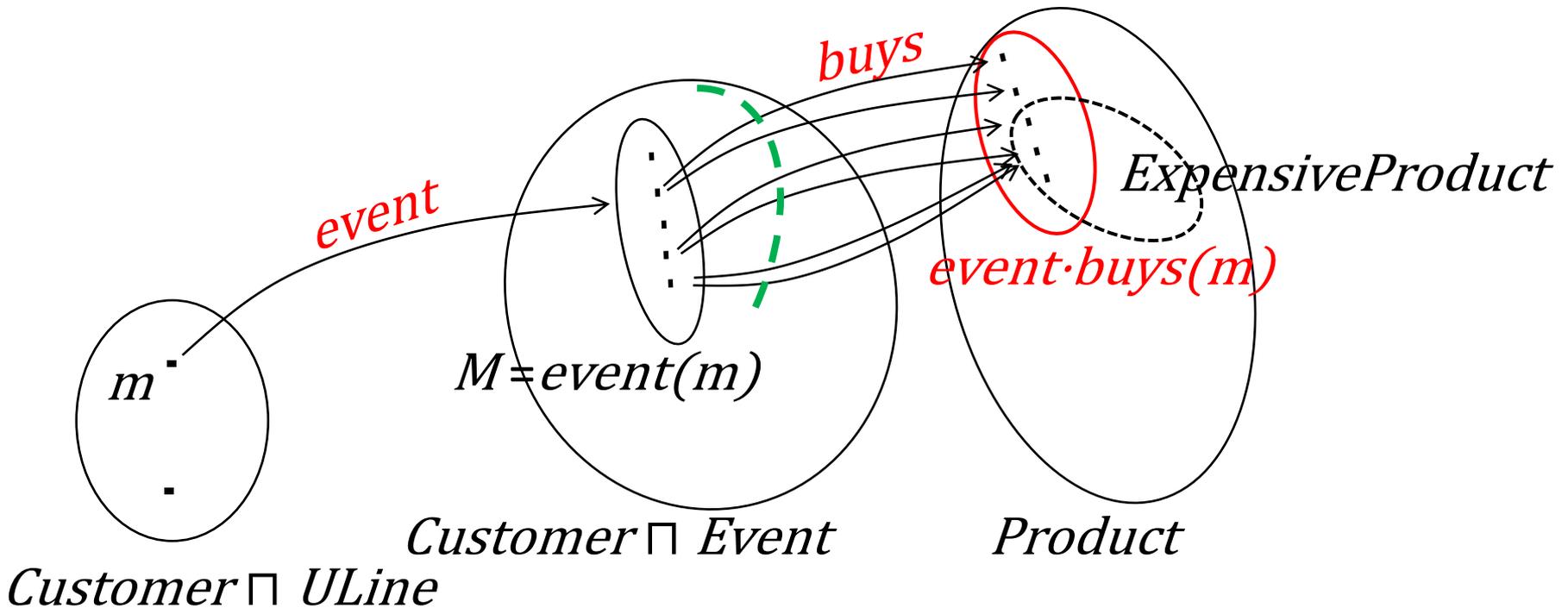
## Quantificatori temporali: un esempio, 3

- $buys: Customer \sqcap Event \rightarrow Product$
- $ExpensiveProduct \sqsubseteq Product$ 
  - fuzzy
- $event: ULine \rightarrow Event$



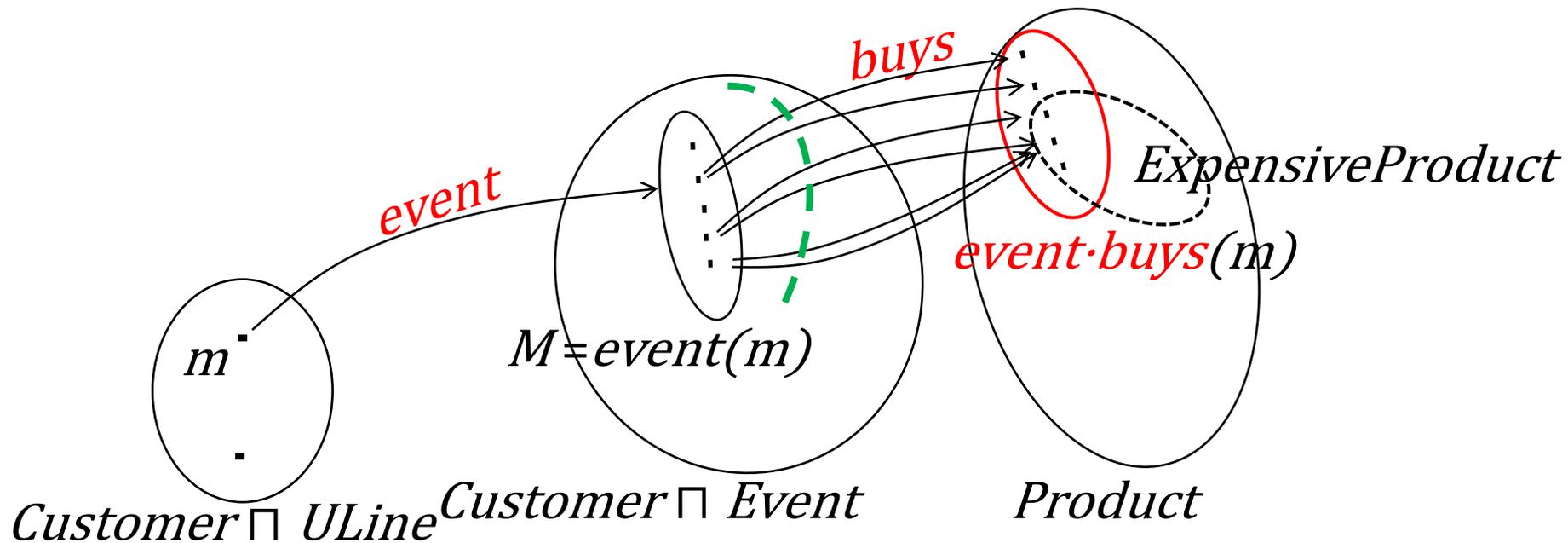
# Quantificatori temporali: un esempio, 4

- “Solitamente” = “la maggior parte delle volte”
- $GoodCustomer \equiv (Usually)buys.ExpensiveProduct$   
 $\equiv (Most) event \cdot buys.ExpensiveProduct$



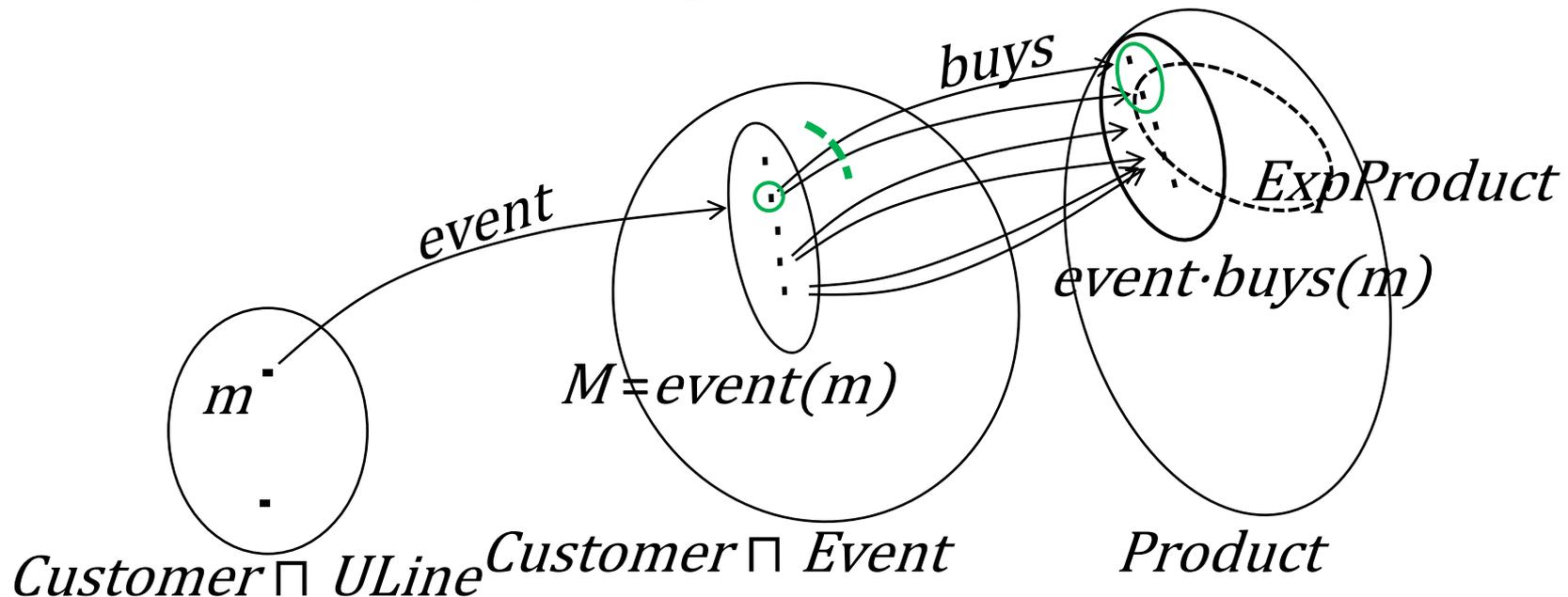
# Quantificatori temporali: un esempio, 5

- *(Most)event·buys.ExpensiveProduct*
- *Most*  $\sim$   $\left| \text{event} \cdot \text{buys} \cdot \text{ExpensiveProduct} \right| / \left| \text{event} \cdot \text{buys} \cdot \top \right|$



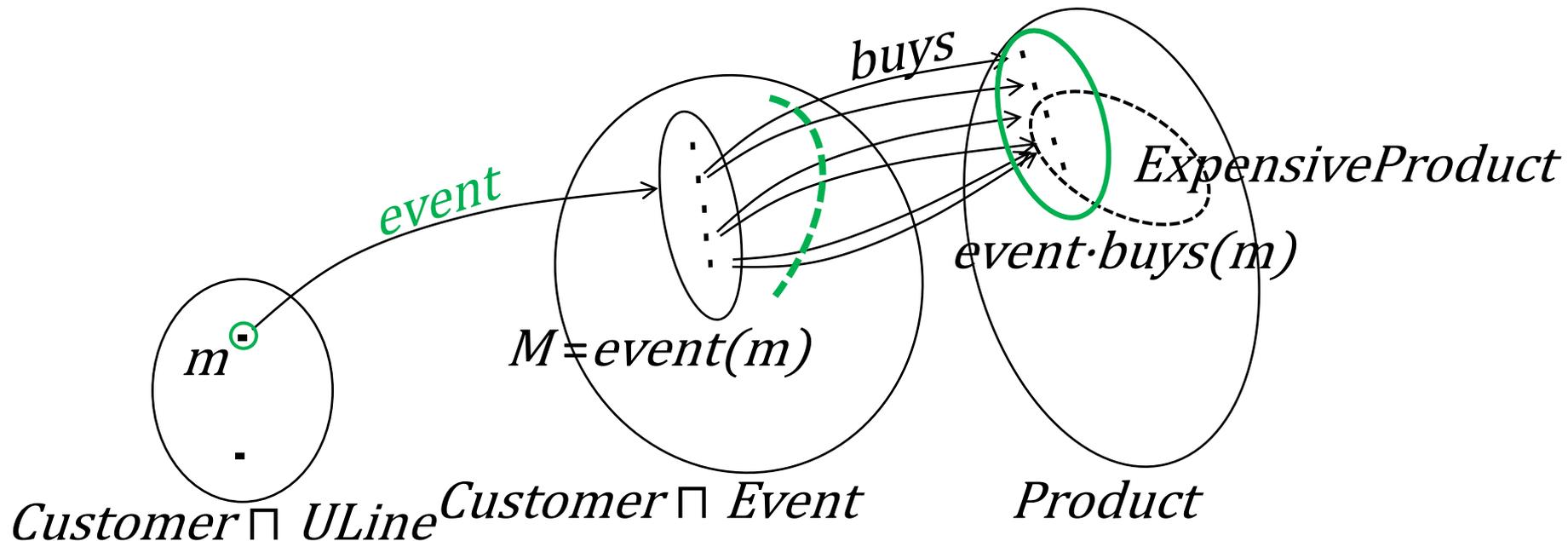
# Quantificatori e Quantificatori temporali: differenza

- *(Most) buys.ExpProduct*: quantificazione istantanea, per un individuo *Event*, con tempo fissato (un giorno particolare)



# Quantificatori e Quantificatori temporali: differenza

- *(Usually)buys.ExpProduct*  
 $\equiv$  *(Most)event.buys.ExpProduct*: quantificazione per  
 un individuo *ULine*, per tutti i tempi esistenti



# *un'estensione temporale delle logiche descrittive fuzzy*

- Introduzione
- Corpo
- **Applicazioni**
- Conclusioni

# *un'estensione temporale delle logiche descrittive fuzzy*

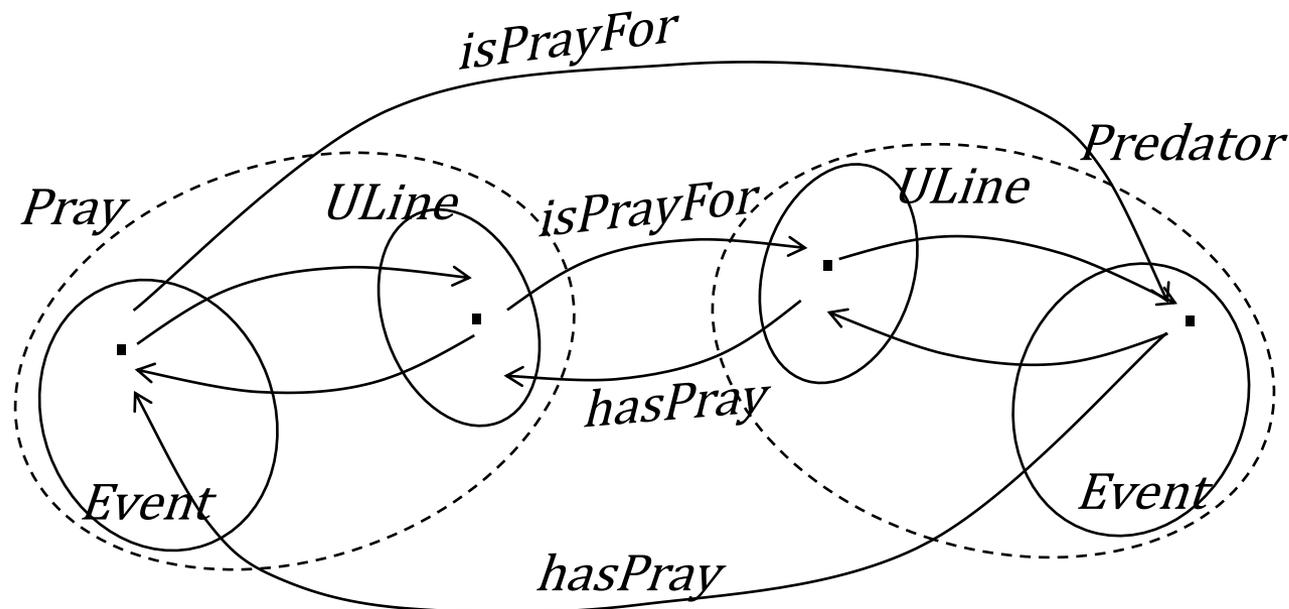
- Introduzione
- Corpo
- **Applicazioni**
  - Controllo automatico: sistema preda-predatori
  - Eco-ambiente: monitorare il riscaldamento globale
  - Sanità: monitorare l'andamento dei valori fisiologici
- Conclusioni

## *Applicazione: controllo automatico su un sistema preda - predatori*

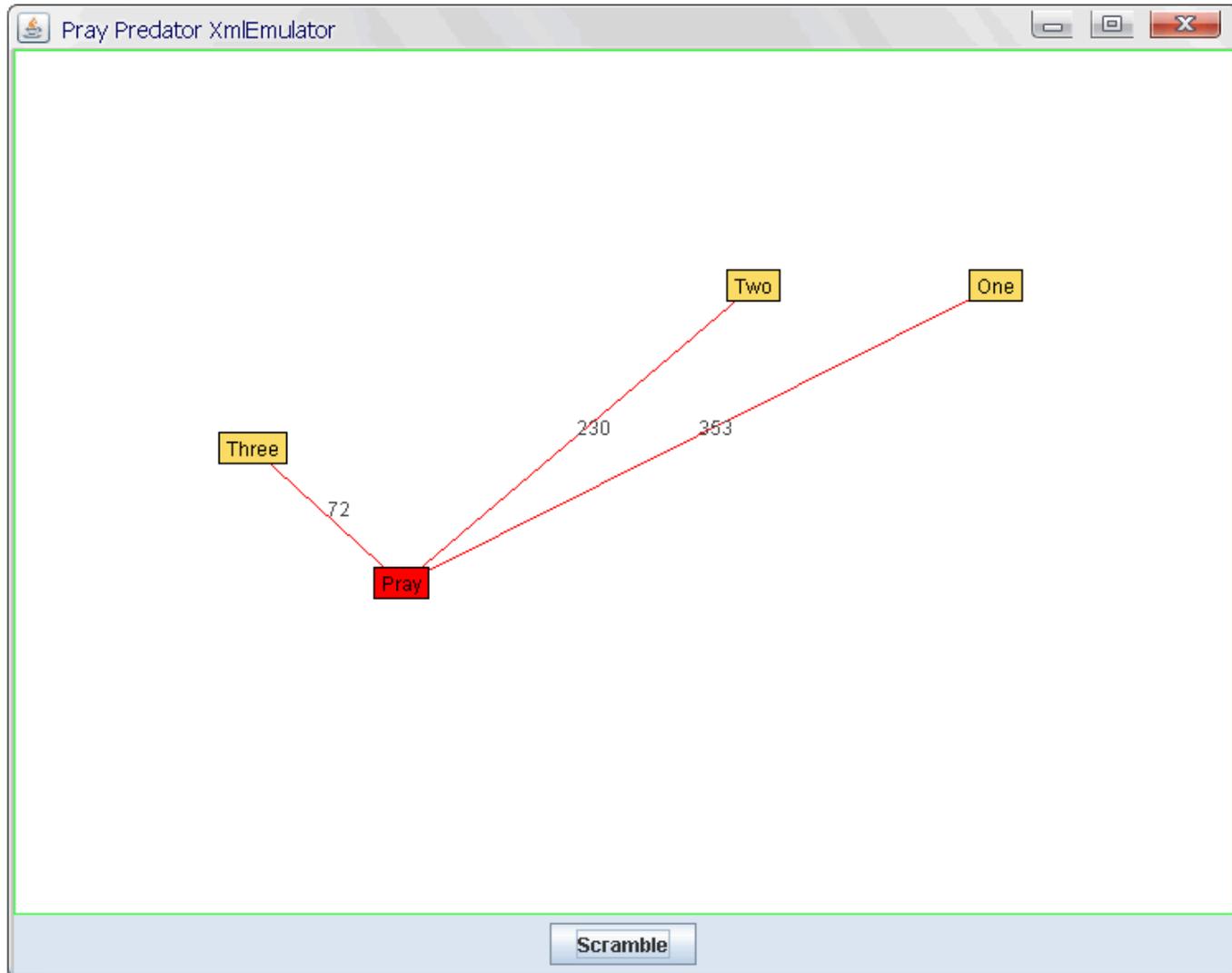
- *Prede*: obiettivi di diversa natura e dimensione, che per essere raggiunti necessitano di *predatori*, intesi come automi non umani, per motivi ambientali, di sicurezza o di dimensione.
  - una chiazza di petrolio da dissolvere
  - una profondità sottomarina o una cavità vulcanica da esplorare
  - mine da eliminare
  - metastasi di un tumore nell'organismo umano da aggredire

## Applicazione: controllo automatico su un sistema preda - predatori

- *Prede e Predatori*: schema grafico delle relazioni logiche



# *sistema preda - predatori*



## *Applicazione: sistema preda - predatori*

- Può interessare sapere quali prede siano in pericolo
- “*preda in pericolo = più della metà dei suoi predatori siano **solitamente** vicini*”
  - *UsuallyInDangerPray =  
(Most)isPrayFor.(Usually)ClosePredator*

## Applicazione: sistema preda - predatori

- Oppure, quali prede siano state raggiunte
- “preda raggiunta = più della metà dei suoi predatori siano *costantemente* vicini”
  - $ReachedPray =$   
 $(Most)isPrayFor.ConstantClosePredator$   
 $= (Most)isPrayFor.((Sometime)ClosePredator \sqcap$   
 $\Rightarrow ClosePredator)$
  - E decidere conseguentemente sulle azioni da compiere, ad es. il *rilascio di sostanze aggressive*

## *Applicazione: sistema preda - predatori*

- Oppure, può interessare se più dei due terzi dei predatori sia in avvicinamento: “*sempre più vicini*”
  - *(MoreThan2outOf3)isPrayFor. ↗ ClosePredator*
    - In caso contrario, intervenire con qualche *azione correttiva*

# sistema preda - predatori

Politecnico di Milano Marco Furlan  
un'estensione temporale delle logiche  
descrittive fuzzy

aa 2006/2007

PRAY - PREDATOR MONITOR

### FUZZY LOGIC EVALUATOR

**MT - Box:**

```

ULineEvent: Three: {three0 --> time: 9,9}
ULineEvent: One: {one0 --> time: 9,9}
Concept: CloseDistance: {}
ULineEvent: Two: {two0 --> time: 9,9}
ConcreteConcept: CloseDistance: LessThan(60): 0.0/0 + 1.0/0 + 1.0/60 + 0.0/400
Quantifier: Most: Between(0,6)and(1): 0.0/0,4 + 1.0/0,6 + 1.0/1 + 0.0/1
Role: distanceFromTarget(X)=((X.x-Target.x)^2+(X.y-Target.y)^2)^1/2
Query: (Most)Incr(CloseDistance)
  
```

**current state:**

```

time: 2008-04-05T10:51:18.203+02:00
agents number: 3
name: One, x: 564,267639, y: 485,789888
  distance : 67,709681
  distance.CloseDistance : 0,977324
name: Two, x: 631,873022, y: 429,336457
  distance : 49,702553
  distance.CloseDistance : 1
name: Three, x: 530,076247, y: 396,297249
  distance : 58,212588
  distance.CloseDistance : 1
  
```

**QUERY EVALUATION:**

```

One: 0,977324
Two: 1
Three: 1
Query evaluation:
SubsNext(CloseDistance): {<one, 0,977>, <three, 1>, <two, 0,957>}
SubsPrev(CloseDistance): {<one, 0>, <three, 0>, <two, 0,957>}
Incr(CloseDistance): {<one, 0,977>, <three, 1>}
Decr(CloseDistance): {}
Const(CloseDistance): {<two, 0,957>}
linear interpolation: {Three: angCoeff = 0,038; One: angCoeff = 0,043; Two: angCoeff = 0}

(Most)Incr(CloseDistance): 0,977193
  
```

load MT-Box...    choose CurrentState file...    start    crisp start    stop    exit

## *Applicazione ecoambientale: riscaldamento globale*

- *Quantificatori temporali ed operatori d'andamento* possono essere utili anche per valutare se effettivamente esiste il riscaldamento globale del nostro pianeta.
- *“Riscaldamento globale = la maggior parte delle località ha temperature (mediamente) crescenti”*:
  - *GlobalHeating = (Most)hasLocality. ↗ TempLocality*

# Riscaldamento globale

Politecnico di Milano Marco Furlan  
un'estensione temporale delle logiche  
descrittive fuzzy

aa 2006/2007

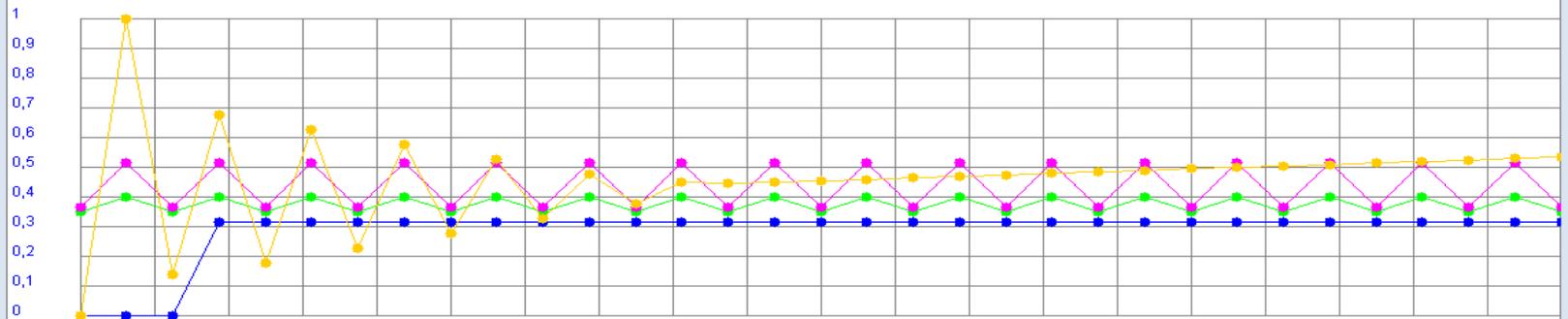
FUZZY TEMPORAL LOGIC EVALUATION

## LocalityTemperature MONITOR

**K - Base:**  
 Concept: TempInterMadrid: {<madrid1950, 0>, <madrid1951, 1>, <madrid1952, 0,138>, <madrid1953, 0,675>, <madrid1954, 0,175>, <madrid1955, 0,625>, <madrid1956, 0,225>  
 Concept: TempInterRome: {<rome1950, 0,362>, <rome1951, 0,512>, <rome1952, 0,362>, <rome1953, 0,512>, <rome1954, 0,362>, <rome1955, 0,512>, <rome1956, 0,362>  
 ULineEvent: Stockholm: {stockholm0 --> time: 9,9; stockholm1950 --> time: 1.950; stockholm1951 --> time: 1.951; stockholm1952 --> time: 1.952; stockholm1953 --> time: 1.953; stockholm1954 --> time: 1.954; stockholm1955 --> time: 1.955; stockholm1956 --> time: 1.956}  
 ULineEvent: Paris: {paris0 --> time: 9,9; paris1950 --> time: 1.950; paris1951 --> time: 1.951; paris1952 --> time: 1.952; paris1953 --> time: 1.953; paris1954 --> time: 1.954; paris1955 --> time: 1.955; paris1956 --> time: 1.956}  
 ULineEvent: Rome: {rome0 --> time: 9,9; rome1950 --> time: 1.950; rome1951 --> time: 1.951; rome1952 --> time: 1.952; rome1953 --> time: 1.953; rome1954 --> time: 1.954; rome1955 --> time: 1.955; rome1956 --> time: 1.956}  
 ULineEvent: Madrid: {madrid0 --> time: 9,9; madrid1950 --> time: 1.950; madrid1951 --> time: 1.951; madrid1952 --> time: 1.952; madrid1953 --> time: 1.953; madrid1954 --> time: 1.954; madrid1955 --> time: 1.955; madrid1956 --> time: 1.956}  
 Concept: TempInterStockholm: {<stockholm1950, 0>, <stockholm1951, 0>, <stockholm1952, 0>, <stockholm1953, 0,312>, <stockholm1954, 0,312>, <stockholm1955, 0,312>, <stockholm1956, 0,312>  
 Concept: TempInterParis: {<paris1950, 0,35>, <paris1951, 0,4>, <paris1952, 0,35>, <paris1953, 0,4>, <paris1954, 0,35>, <paris1955, 0,4>, <paris1956, 0,35>, <paris1957, 0,4>  
 Concept: Temp: {<madrid1950, 0>, <madrid1951, 1>, <madrid1952, 0,138>, <madrid1953, 0,675>, <madrid1954, 0,175>, <madrid1955, 0,625>, <madrid1956, 0,225>  
 ConcreteConcept: Temp: Around(40): 0.0/0 + 1.0/40 + 1.0/40 + 0.0/40  
 Quantifier: Most: Between(0,6)and(1): 0.0/0,4 + 1.0/0,6 + 1.0/1 + 0.0/1  
 Role: hasTemperature  
 Query: (Most)Incr(Temp)

**A - Box:**

● Temp  
 ● Stockholm  
 ● Paris  
 ● Rome  
 ● Madrid



**QUERY**

**EVALUATION:**

Query evaluation:  
 SubsNext(Temp): {<madrid, 0,15>, <paris, 0,95>, <rome, 0,85>, <stockholm, 1>}  
 SubsPrev(Temp): {<madrid, 0,052>, <paris, 0,95>, <rome, 0,85>, <stockholm, 0,792>}  
 Incr(Temp): {<madrid, 0,098>, <stockholm, 0,208>}  
 Decr(Temp): {}  
 Const(Temp): {<paris, 0,95>, <rome, 0,85>}  
 linear interpolation: {Stockholm: angCoeff = 0,008; Paris: angCoeff = -0; Rome: angCoeff = -0; Madrid: angCoeff = 0,007}  
 (Most)Incr(Temp): 0,049219

load MT-Box...

load ABox From DB

evaluate

crisp evaluate

exit

# Riscaldamento globale

Politecnico di Milano Marco Furlan  
un'estensione temporale delle logiche  
descrittive fuzzy

aa 2006/2007

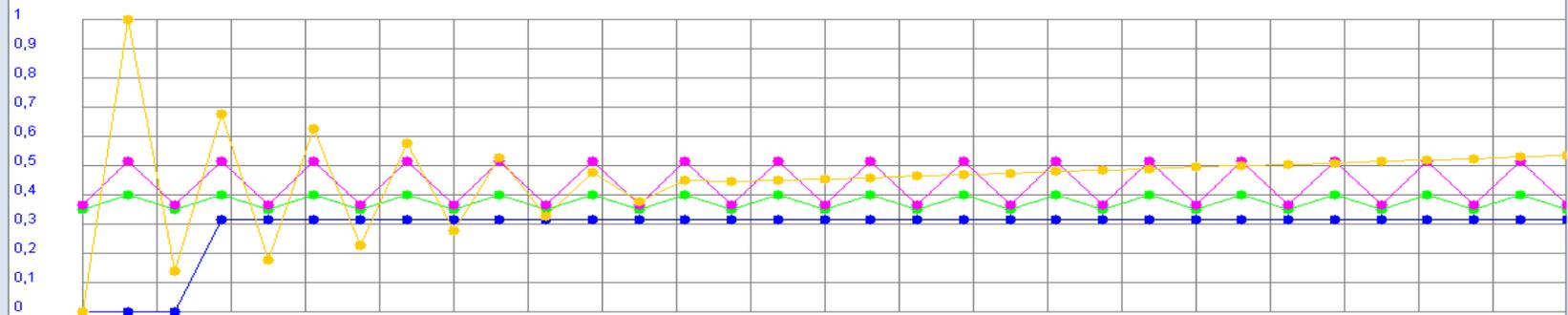
FUZZY TEMPORAL LOGIC EVALUATION

## LocalityTemperature MONITOR

**K - Base:**  
 Concept: TempInterMadrid: {<madrid1950 : 0>, <madrid1951 : 1>, <madrid1952 : 0,138>, <madrid1953 : 0,675>, <madrid1954 : 0,175>, <madrid1955 : 0,625>, <madrid1956 : 0,175>};  
 Concept: TempInterRome: {<rome1950 : 0,362>, <rome1951 : 0,512>, <rome1952 : 0,362>, <rome1953 : 0,512>, <rome1954 : 0,362>, <rome1955 : 0,512>, <rome1956 : 0,362>};  
 ULineEvent: Stockholm: {stockholm0 --> time: 9,9; stockholm1950 --> time: 1.950; stockholm1951 --> time: 1.951; stockholm1952 --> time: 1.952; stockholm1953 --> time: 1.953; stockholm1954 --> time: 1.954; stockholm1955 --> time: 1.955; stockholm1956 --> time: 1.956};  
 ULineEvent: Paris: {paris0 --> time: 9,9; paris1950 --> time: 1.950; paris1951 --> time: 1.951; paris1952 --> time: 1.952; paris1953 --> time: 1.953; paris1954 --> time: 1.954; paris1955 --> time: 1.955; paris1956 --> time: 1.956};  
 ULineEvent: Rome: {rome0 --> time: 9,9; rome1950 --> time: 1.950; rome1951 --> time: 1.951; rome1952 --> time: 1.952; rome1953 --> time: 1.953; rome1954 --> time: 1.954; rome1955 --> time: 1.955; rome1956 --> time: 1.956};  
 ULineEvent: Madrid: {madrid0 --> time: 9,9; madrid1950 --> time: 1.950; madrid1951 --> time: 1.951; madrid1952 --> time: 1.952; madrid1953 --> time: 1.953; madrid1954 --> time: 1.954; madrid1955 --> time: 1.955; madrid1956 --> time: 1.956};  
 Concept: TempInterStockholm: {<stockholm1950 : 0>, <stockholm1951 : 0>, <stockholm1952 : 0>, <stockholm1953 : 0,312>, <stockholm1954 : 0,312>, <stockholm1955 : 0,312>, <stockholm1956 : 0,312>};  
 Concept: TempInterParis: {<paris1950 : 0,35>, <paris1951 : 0,4>, <paris1952 : 0,35>, <paris1953 : 0,4>, <paris1954 : 0,35>, <paris1955 : 0,4>, <paris1956 : 0,35>, <paris1957 : 0,4>};  
 Concept: Temp: {<madrid1950 : 0>, <madrid1951 : 1>, <madrid1952 : 0,138>, <madrid1953 : 0,675>, <madrid1954 : 0,175>, <madrid1955 : 0,625>, <madrid1956 : 0,175>};  
 ConcreteConcept: Temp: Around(40): 0.0/0 + 1.0/40 + 1.0/40 + 0.0/40  
 Quantifier: Most: Between(0,6)and(1): 0.0/0,4 + 1.0/0,6 + 1.0/1 + 0.0/1  
 Role: hasTemperature  
 Query: (Most)Const(Temp)

**A - Box:**

● Temp  
 ● Stockholm  
 ● Paris  
 ● Rome  
 ● Madrid



**QUERY**

**EVALUATION:**

Query evaluation:  
 SubsNext(Temp): {<Madrid : 0,15>, <Paris : 0,95>, <Rome : 0,85>, <Stockholm : 1>}  
 SubsPrev(Temp): {<Madrid : 0,052>, <Paris : 0,95>, <Rome : 0,85>, <Stockholm : 0,792>}  
 Incr(Temp): {<Madrid : 0,098>, <Stockholm : 0,208>}  
 Decr(Temp): {}  
 Const(Temp): {<Paris : 0,95>, <Rome : 0,85>}  
 linear interpolation: {Stockholm: angCoeff = 0,008; Paris: angCoeff = -0; Rome: angCoeff = -0; Madrid: angCoeff = 0,007}  
 (Most)Const(Temp): 0,425

load MT-Box...

load ABox From DB

evaluate

crisp evaluate

exit

# Riscaldamento globale

Politecnico di Milano Marco Furlan  
un'estensione temporale delle logiche  
descrittive fuzzy

aa 2006/2007

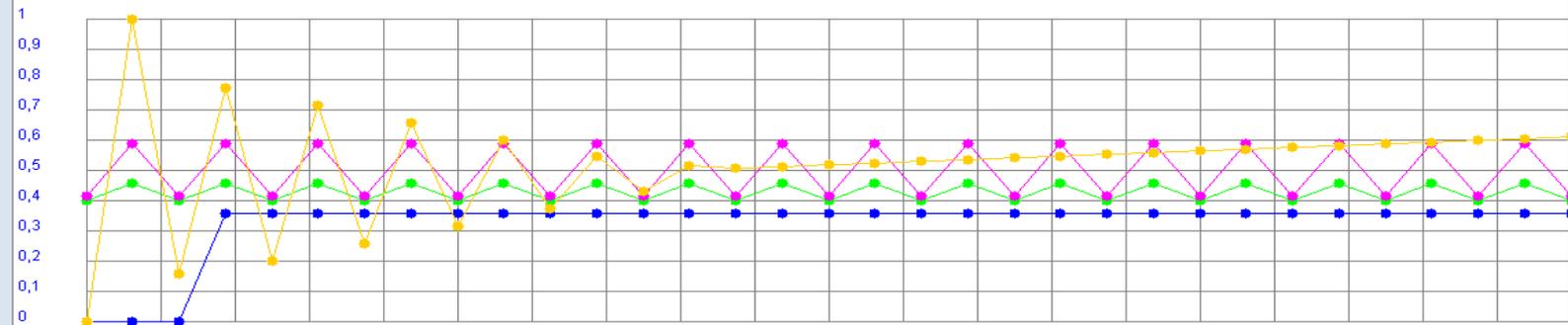
FUZZY TEMPORAL LOGIC EVALUATION

## LocalityTemperature MONITOR

**K - Base:** Concept: WarmInterStockholm: {<stockholm1950 : 0>, <stockholm1951 : 0>, <stockholm1952 : 0>, <stockholm1953 : 0,357>, <stockholm1954 : 0,357>, <stockholm1955 : 0,357>},  
ULineEvent: Stockholm: {stockholm0 --> time: 9,9; stockholm1950 --> time: 1.950; stockholm1951 --> time: 1.951; stockholm1952 --> time: 1.952; stockholm1953 --> time: 1.953; stockholm1954 --> time: 1.954; stockholm1955 --> time: 1.955; stockholm1956 --> time: 1.956},  
Concept: WarmInterParis: {<paris1950 : 0,4>, <paris1951 : 0,457>, <paris1952 : 0,4>, <paris1953 : 0,457>, <paris1954 : 0,4>, <paris1955 : 0,457>, <paris1956 : 0,4>},  
ULineEvent: Paris: {paris0 --> time: 9,9; paris1950 --> time: 1.950; paris1951 --> time: 1.951; paris1952 --> time: 1.952; paris1953 --> time: 1.953; paris1954 --> time: 1.954; paris1955 --> time: 1.955; paris1956 --> time: 1.956},  
Concept: WarmInterRome: {<rome1950 : 0,414>, <rome1951 : 0,586>, <rome1952 : 0,414>, <rome1953 : 0,586>, <rome1954 : 0,414>, <rome1955 : 0,586>, <rome1956 : 0,414>},  
ULineEvent: Rome: {rome0 --> time: 9,9; rome1950 --> time: 1.950; rome1951 --> time: 1.951; rome1952 --> time: 1.952; rome1953 --> time: 1.953; rome1954 --> time: 1.954; rome1955 --> time: 1.955; rome1956 --> time: 1.956},  
Concept: WarmInterMadrid: {<madrid1950 : 0>, <madrid1951 : 1>, <madrid1952 : 0,157>, <madrid1953 : 0,771>, <madrid1954 : 0,2>, <madrid1955 : 0,714>, <madrid1956 : 0,2>},  
ULineEvent: Madrid: {madrid0 --> time: 9,9; madrid1950 --> time: 1.950; madrid1951 --> time: 1.951; madrid1952 --> time: 1.952; madrid1953 --> time: 1.953; madrid1954 --> time: 1.954; madrid1955 --> time: 1.955; madrid1956 --> time: 1.956},  
Concept: Warm: {<madrid1950 : 0>, <madrid1951 : 1>, <madrid1952 : 0,157>, <madrid1953 : 0,771>, <madrid1954 : 0,2>, <madrid1955 : 0,714>, <madrid1956 : 0,2>},  
ConcreteConcept: Warm: Between(35)and(60): 0.0/0 + 1.0/35 + 1.0/60 + 0.0/60  
Quantifier: Most: Between(0,6)and(1): 0.0/0,4 + 1.0/0,6 + 1.0/1 + 0.0/1  
Role: hasTemperature  
Query: (Temp\_Most)hasTemperature.Warm

**A - Box:**

● Warm  
Stockholm  
Paris  
Rome  
Madrid



**QUERY**

**EVALUATION:**

Query evaluation:  
(Temp\_Most)hasTemperature.Warm: {<Madrid : 0,548>, <Paris : 0,424>, <Rome : 0,487>, <Stockholm : 0,357>}

load MT-Box...

load ABox From DB

evaluate

crisp evaluate

exit

## *Applicazione in ambito sanitario : monitorare l'andamento dei valori fisiologici*

- Un'altra applicazione, in campo sanitario. Possiamo valutare se l'andamento della pressione (o di qualsiasi altro indice fisiologico) si mantenga “ragionevolmente” *costante* nei valori normali.
  - *NormalPressure*
    - è il concetto che rappresenta la pressione normale
  - *NormalPressurePatient = Patient*  $\sqcap$   
 $\exists hasPressure.NormalPressure$ 
    - è il concetto che rappresenta i pazienti con pressione normale
  - *ConstNormalPatient = (Sometime) NormalPressurePatient*  $\sqcap$   
 $\Rightarrow NormalPressurePatient$ 
    - è il concetto che rappresenta i pazienti con i valori di pressione mediamente costanti entro la normalità.

## *Applicazione in ambito sanitario : monitorare l'andamento dei valori fisiologici*

- Esempio: sono state introdotte alcune nuove terapie sperimentali per la pressione arteriosa
- quali terapie efficaci?
- “*Terapia efficace* = terapia per cui la pressione della *maggior parte* dei pazienti che l'assumono si mantiene *costantemente* nella norma”:
  - *EffectiveTherapy* =  
*(Most)takenBy.ConstNormalPatient*
  - *ConstNormalPatient* = *(Sometime)*  
*NormalPressurePatient*  $\sqcap \Rightarrow$  *NormalPressurePatient*

# andamento dei valori fisiologici

Politecnico di Milano Marco Furlan  
un'estensione temporale delle logiche  
descrittive fuzzy

aa 2006/2007

FUZZY TEMPORAL LOGIC EVALUATION

## BloodPressure MONITOR

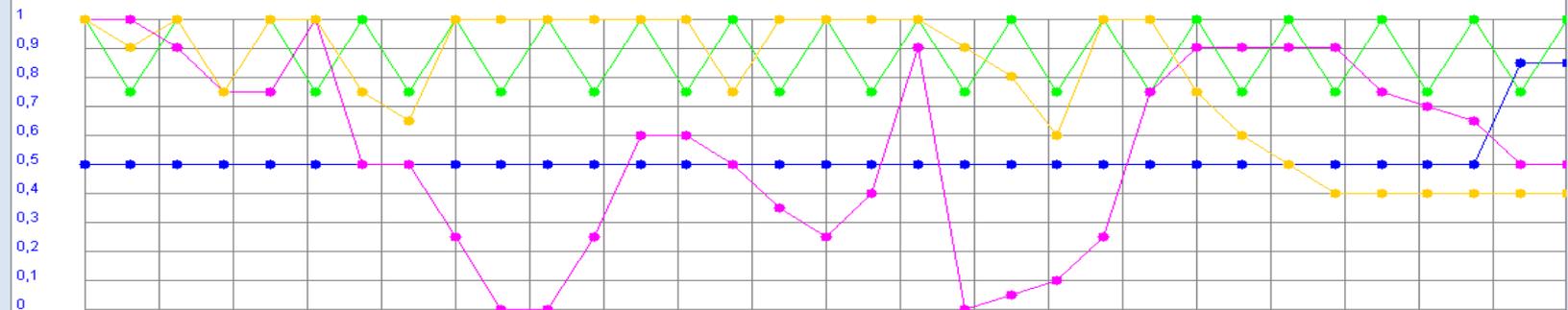
K - Base:

```

ULineEvent: Henry: {henry01 --> time: 1; henry02 --> time: 2; henry03 --> time: 3; henry04 --> time: 4; henry05 --> time: 5; henry06 --> time: 6; henry07 --> time: 7; henry08 --> time: 8; henry09 --> time: 9; henry10 --> time: 10; henry11 --> time: 11; henry12 --> time: 12}
ULineEvent: Bill: {bill01 --> time: 1; bill02 --> time: 2; bill03 --> time: 3; bill04 --> time: 4; bill05 --> time: 5; bill06 --> time: 6; bill07 --> time: 7; bill08 --> time: 8; bill09 --> time: 9; bill10 --> time: 10; bill11 --> time: 11; bill12 --> time: 12}
Concept: NormalPressureInterHenry: {<henry01, 0,5>, <henry02, 0,5>, <henry03, 0,5>, <henry04, 0,5>, <henry05, 0,5>, <henry06, 0,5>, <henry07, 0,5>, <henry08, 0,5>, <henry09, 0,5>, <henry10, 0,5>, <henry11, 0,5>, <henry12, 0,5>}
ULineEvent: Mark: {mark01 --> time: 1; mark02 --> time: 2; mark03 --> time: 3; mark04 --> time: 4; mark05 --> time: 5; mark06 --> time: 6; mark07 --> time: 7; mark08 --> time: 8; mark09 --> time: 9; mark10 --> time: 10; mark11 --> time: 11; mark12 --> time: 12}
Concept: NormalPressureInterJohn: {<john01, 1>, <john02, 0,9>, <john03, 1>, <john04, 0,75>, <john05, 1>, <john06, 1>, <john07, 0,75>, <john08, 0,65>, <john09, 0,55>, <john10, 0,45>, <john11, 0,35>, <john12, 0,25>}
Concept: NormalPressureInterBill: {<bill01, 1>, <bill02, 0,75>, <bill03, 1>, <bill04, 0,75>, <bill05, 1>, <bill06, 0,75>, <bill07, 1>, <bill08, 0,75>, <bill09, 1>, <bill10, 0,75>, <bill11, 0,75>, <bill12, 0,75>}
ULineEvent: John: {john01 --> time: 1; john02 --> time: 2; john03 --> time: 3; john04 --> time: 4; john05 --> time: 5; john06 --> time: 6; john07 --> time: 7; john08 --> time: 8; john09 --> time: 9; john10 --> time: 10; john11 --> time: 11; john12 --> time: 12}
Concept: NormalPressure: {<bill01, 1>, <bill02, 0,75>, <bill03, 1>, <bill04, 0,75>, <bill05, 1>, <bill06, 0,75>, <bill07, 1>, <bill08, 0,75>, <bill09, 1>, <bill10, 0,75>, <bill11, 0,75>, <bill12, 0,75>, <mark01, 0,75>, <mark02, 0,75>, <mark03, 0,9>, <mark04, 0,75>, <mark05, 0,75>, <mark06, 1>, <mark07, 0,5>, <mark08, 0,5>, <mark09, 0,5>, <mark10, 0,5>, <mark11, 0,5>, <mark12, 0,5>}
ConcreteConcept: NormalPressure: Between(80)and(130): 0.0/60 + 1.0/80 + 1.0/130 + 0.0/150
Quantifier: Most: Between(0,6)and(1): 0.0/0,4 + 1.0/0,6 + 1.0/1 + 0.0/1
Role: hasPressure
Query: (Most)Const(NormalPressure)
  
```

A - Box:

● NormalPres:  
Bill  
Henry  
Mark  
John



QUERY

EVALUATION:

```

Query evaluation:
SubsNext(NormalPressure): {<bill, 0,75>, <henry, 1>, <john, 0,449>, <mark, 0>}
SubsPrev(NormalPressure): {<bill, 0,75>, <henry, 0,65>, <john, 0,607>, <mark, 0>}
Incr(NormalPressure): {<henry, 0,35>}
Decr(NormalPressure): {<john, 0,158>}
Const(NormalPressure): {<bill, 0,75>, <mark, 0>}
linear interpolation: {Bill: angCoeff = -0; Henry: angCoeff = 0,006; Mark: angCoeff = -0,003; John: angCoeff = -0,028}

(Most)Const(NormalPressure): 0
  
```

load MT-Box...

load ABox From DB

evaluate

crisp evaluate

exit

# *un'estensione temporale delle logiche descrittive fuzzy*

- Introduzione
- Corpo
- Applicazioni
- **Conclusioni**

# *un'estensione temporale delle logiche descrittive fuzzy*

- Introduzione
- Corpo
- Applicazioni
- **Conclusioni**
  - $f\_SHOIQ^+T(D)$
  - Vantaggi
  - Sviluppi futuri
  - Contributi originali

## $f\_SHOIQ^+T(D)$

- $S = \mathcal{ALCR}_+$ :
  - concetti  $C, D \rightarrow \top \mid \perp \mid A \mid C \sqcap D \mid C \sqcup D \mid \neg C \mid \forall R.C \mid \exists R.C$
  - ruoli  $R$  transitivi
- $\mathcal{H}$ : inclusione tra ruoli
  - $R_1 \sqsubseteq R_2$
- $\mathcal{O}$ : nominali (classi singoletto)
  - $\{a\}$
- $\mathcal{I}$ : ruoli inversi
  - $R^-$
- $\mathcal{Q}$ : restrizioni in numero qualificate
  - $\geq nR.C, \leq nR.C$
- $\mathcal{Q}^+$ : quantificatori fuzzy
- $\mathcal{D}$ : domini concreti
- $f\_$ : concetti e ruoli fuzzy
- $T$ : **estensione temporale**
  - concetti e ruoli temporali

## Vantaggi

- Possiamo descrivere in linguaggio logico decidibile gran parte degli aspetti temporali della nostra esperienza
- I nuovi *concetti d'Andamento* si ottengono con semplici operazioni di sussunzione e intersezione e sono concetti sui quali è possibile il *Reasoning* proprio delle Description Logics.
- Anche i nuovi *quantificatori temporali* non conseguono complessità superiore ai normali quantificatori fuzzy

## Vantaggi

- accademicamente interessante, utile tecnologicamente.
- Nell'ambito del *Semantic Web*, numerose sono le situazioni in cui il poter valutare, tramite puro *reasoning* logico automatico, i diversi aspetti dell'*evoluzione temporale* porterebbe un gran vantaggio.
- Ho presentato diversi esempi in campo commerciale, sanitario, ambientale e di controllo automatico.

## Vantaggi

- È possibile la traduzione in linguaggio logico di buona parte delle espressioni del linguaggio naturale che contengono il divenire, espressioni classificabili nei seguenti tre tipi.
- 1. Divenire come *transizione* da un concetto  $C_1$  ad un altro concetto  $C_2$ .
  - Per esse ho dato una **nuova** definizione **semantica** ai due operatori binari *Until*  $U$  e *Since*  $S$ .
  - Esempi di espressioni:
    - *Arricchito* = *Povero*  $U$  *Ricco*
    - *Avvicinato* = *Vicino*  $S$  *Partito*
    - *DipendenteArricchito* = (*Povero*  $U$  *Ricco*)  $S$  *Assunto*

## Vantaggi

- 2. Divenire come *andamento* (crescente, decrescente o costante) nell'appartenenza ad un concetto  $C$ .
  - Per esse ho definito i **nuovi** operatori unari *SubsNext* e *SubsPrev* e gli *operatori d'andamento* *Incr*  $\nearrow$ , *Decr*  $\searrow$ , *Const*  $\rightleftharpoons$ .
  - Esempio d'espressioni:
    - *Località***SemprePiù***Calda* =  $\nearrow$ *WarmLocality* =  $\nearrow$ *hasTemperature.Warm*

## Vantaggi

- 3. Quantificazione della *frequenza* o del numero di occorrenze nell'appartenenza ad un concetto  $C$ .
- Per esse ho definito i nuovi *quantificatori temporali*  $Q_T$ .
  - (Teoremi di coerenza) I *quantificatori temporali*, in due casi particolari, equivalgono agli operatori unari *always*  $\square$  e *sometime*  $\diamond$
  - Esempi d'espressioni:
    - *LocalitàSpessoSoleggiata* = (*Often*)*SunnyLocality* = (*Often*)*hasWeather.Sunny*
    - *BuonCliente* = (*Circa2voltesu3*)*acquista.ProdottiCostosi*

## Vantaggi

- Ho mostrato come, in un sistema temporale così descritto, si possano definire anche altri tipi di *query dipendenti dal tempo* del tutto originali.

## *Sviluppi futuri I*

- Estensione del linguaggio per ontologie *OWL*, per comprendere tutta la Upper Ontology temporale e, nella MetaBox, i nuovi *operatori temporali* e la definizione della funzione parametrica trapezoidale *Trap()*, come prototipo di *membership function*
- Analisi della *complessità* del calcolo per un linguaggio logico con questa estensione temporale, in vista della progettazione ed implementazione di un reasoner più completo

## *Sviluppi futuri II*

- Introduzione di operatori temporali dipendenti dalla lunghezza  $\tau$  dell'*intervallo temporale*:  $\mathcal{U}_\tau$ ,  $\mathcal{S}_\tau$ ,  $\diamond_\tau$ ,  $\square_\tau$ ,  $Q_{T\tau}$ , ecc.
  - Si potrebbero avere concetti corrispondenti ad espressioni del tipo:
    - “arricchito *in tre anni*”
    - “temperatura cresciuta *negli ultimi trent'anni*”
    - “temperatura costante *in un arco di duecento anni*”
    - “maturato *in un mese*”
    - “cotto *in due ore*”

## Sviluppi futuri III

- Introduzione anche di una o più *dimensioni spaziali*, con lo stesso approccio dell'estensione temporale
  - La sequenza degli *Event* corrispondenti ad una Linea Universo *ULine* non sarebbe più una retta (orientata), ma una linea vincolata ad un piano (n+1)-dimensionale, quando si inseriscano n dimensioni spaziali.
- Affrontare la questione degli *estremi* per gli operatori *Next*  $\oplus$  e *Prev*  $\ominus$ 
  - $\oplus C$  contiene gli stessi individui di  $C$ , eccetto l'ultimo, e  $\ominus C$  contiene gli stessi individui di  $C$ , eccetto il primo
  - $\oplus \ominus C \neq C$ ;       $\ominus \oplus C \neq C$ 
    - es. dotare ogni concetto di un campo aggiuntivo opzionale che contenga un riferimento all'individuo escluso, oppure al concetto da cui esso stesso è derivato

## Contributi originali I

1. def. della funzione parametrica trapezoidale *Trap()*, come prototipo di *membership function*
2. tutta la *Upper Ontology temporale*, con l'introduzione dei concetti di *Linea Universo ULine* ed *Evento Event* e concetti e ruoli connessi
3. introduzione del concetto *Time* come concetto concreto
4. nuova def. *fuzzy* della semantica degli operatori *always*  $\square$ , *sometime*  $\diamond$ , *Until*  $\mathcal{U}$ , *Since*  $\mathcal{S}$ 
  - con definizioni *weak*, *strong*, *inclusive* ed *esclusive*

## *Contributi originali II*

5. nuova def. degli operatori *Next*  $\oplus$ , *Prev*  $\ominus$
6. i nuovi operatori e Concetti d'Andamento *SubsNext*, *SubsPrev*, *Incr*  $\nearrow$ , *Decr*  $\searrow$  e *Const*  $\rightleftharpoons$  e loro semantica
7. i nuovi operatori e Concetti d'Andamento *Monotono* *MonIncr*, *MonDecr* e loro semantica
8. definizione di *quasi-sussunzione* o *soft-subsumption*  $\tilde{\sqsubseteq}$

## *Contributi originali III*

9. i nuovi *quantificatori temporali* fuzzy
10. tre teoremi con dimostrazione
11. analisi di numerosi tipi di nuove *query dipendenti dal tempo* ora possibili
12. progettazione ed implementazione di alcune *applicazioni* dimostrative e *documentazione*