

შესაძლებლობითი პროგნოზირების ახალი საექსპერტო ტექნოლოგიები ფაზი- დინამიკურ სისტემებში

პროფ. გია სირბილაძე

22–26/ 01–2013, თსუ ზუსტ და
საბუნებისმეტყველო
მეცნიერებთა ფაკულტეტის I
საფაკულტეტო კონფერენცია

IFSR International Series on Systems Science and Engineering

Gia Sirbiladze

Extremal Fuzzy Dynamic Systems

Theory and Applications

In this book the author presents a new approach to the study of weakly structurable dynamic systems. It differs from other approaches by considering time as a source of fuzzy uncertainty in dynamic systems. It begins with a thorough introduction, where the general research domain, the problems, and ways of their solutions are discussed. The book then progresses systematically by first covering the theoretical aspects before tackling the applications. In the application section, a software library is described, which contains discrete EFDS identification methods elaborated during fundamental research of the book.

Extremal Fuzzy Dynamic Systems will be of interest to theoreticians interested in modeling fuzzy processes, to researchers who use fuzzy statistics, as well as practitioners from different disciplines whose research interests include abnormal, extreme and monotone processes in nature and society. Graduate students could also find this book useful.

Mathematics

ISBN 978-1-4614-4249-3



springer.com

IFSR
28
Sirbiladze



Extremal Fuzzy Dynamic Systems

IFSR International Series on Systems Science and Engineering

Gia Sirbiladze

Extremal Fuzzy Dynamic Systems

Theory and Applications

 Springer

ფაზი (Fuzzy)-ტექნოლოგიების შესახებ



**ფაზი-ტექნოლოგია
გადაიქცა სისტემური
კვლევის მთავარ
ინსტრუმენტად**

- 1965** სემინარული სტატია ლ.ა. ზადე: „ფაზი-ლოგოკა“ წარმოადგენს „ფაზი-სიმრავლეთა თეორიის“ ძირითად საფუძვლებს.
- 1970** ფაზი-ტექნოლოგიების პირველი გამოყენება მართვის ინჟინერიაში (ევროპა)
- 1975** ფაზი-ტექნოლოგიების საფუძვლები იაპონიაში
- 1980** ფაზი-ტექნოლოგიების შემოწმება ევროპაში
- 1985** ფაზი-ტექნოლოგიების ფართო გამოყენება იაპონიაში
- 1990** ფაზი-ტექნოლოგიების ფართო გამოყენება ევროპაში
- 1995** ფაზი-ტექნოლოგიები შეერთებულ შტატებში.
- 2000** ფაზი-ტექნოლოგიები სტანდარტული ტექნოლოგიაა მონაცემთა და სენსორური სიგნალების ანალიზში, ბიზნესისა და ფინანსების გადაწყვეტილებებში და სხვ.

I ნაწილი. პროგნოზის ფორმირება არასრული ინფორმაციის გარემოში

- შინაარსი
- პროგნოზის ფორმირება **დეტერმინისტულ** გარემოში
- პროგნოზის ფორმირება **სტოქასტურ** გარემოში
- პროგნოზის ფორმირება **შესაძლებლობით (ფაზი(Fuzzy))** გარემოში.

პროგნოზის ფორმირება არასრული ინფორმაციის გარემოში

- *პროგნოზი სრული ინფორმაციის პირობებში:*

- თუ ზეგ თორმეტ საათზე ჩაგვერიცხება ხელფასი, მაშინ ძირითადი ხელფასის სახით ავიღებ 800 ლარს.

პროგნოზის ფორმირება არასრული ინფორმაციის გარემოში

- პროგნოზი არასრული ინფორმაციის პირობებში წარმოიდგინება მისი ძირითადი ორი პოლუსით: პროგნოზის უზუსტობა და პროგნოზის განუზღვრელობა.

უზუსტობა მიუთითებს პროგნოზის სიდიდის მნიშვნელობის ხარისხს, ხოლო განუზღვრელობა კი პროგნოზის სანდოობას, ალბათობას, შესაძლებლობას და სხვ.

22–26/ 01–2013, თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებთა ფაკულტეტის I საფაკულტეტო კონფერენცია

პროგნოზის ფორმირება არასრული ინფორმაციის გარემოში

- პროგნოზის მოდელირების სისტემის ინფორმაციული სტრუქტურა (უზუსტობა+განუზღვრელობა) განსაზღვრავს პროგნოზის ტიპის სახეებს არასრული ინფორმაციის გარემოში:

პროგნოზის ფორმირება დეტერმინისტულ გარემოში

- **ზეგ ათ საათზე** თბილისში მოსალოდნელი ტემპერატურაა **12° C**.
- აქ უზუსტობა აბსოლიტური ნულია, სამაგიეროდ შეუფასებელია პროგნოზის **განუზღვრელობა** - ანუ რამდენად სანდოა პროგნოზი?

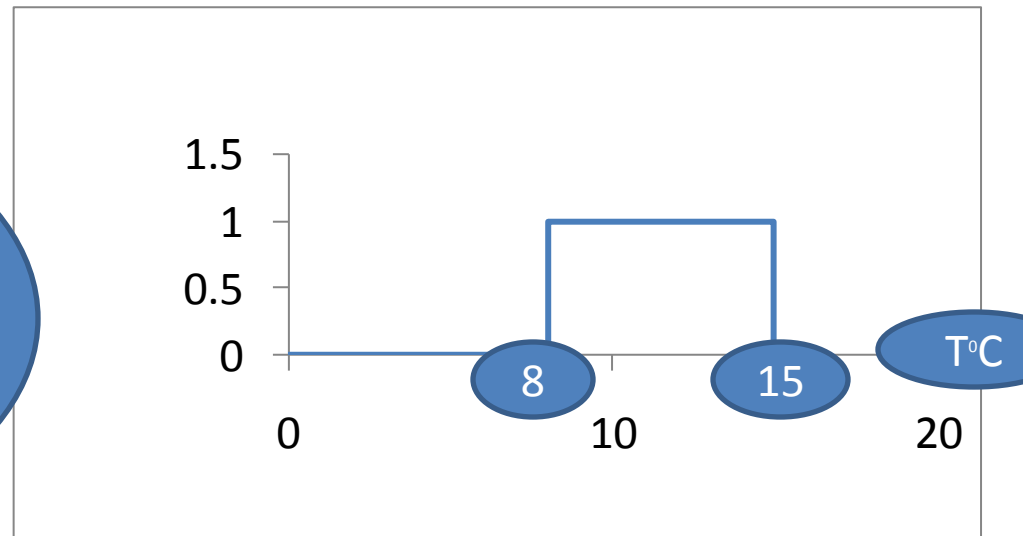
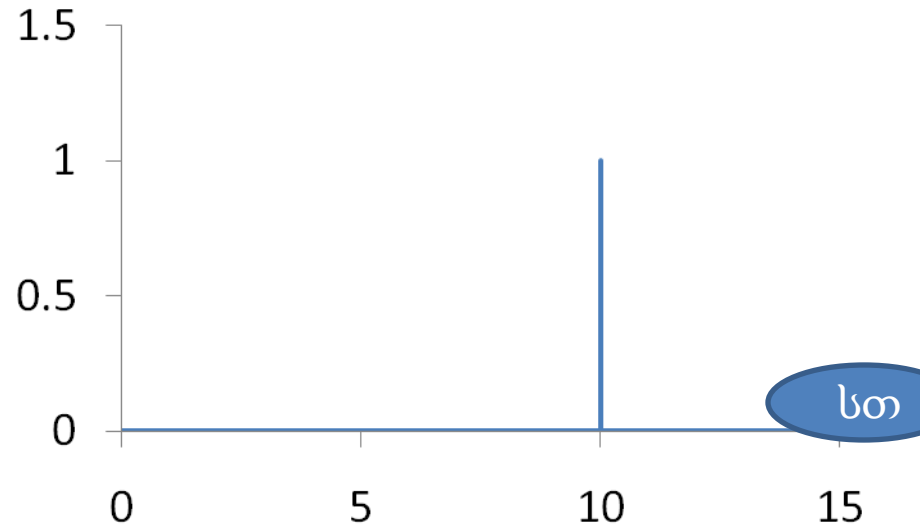
პროგნოზის ფორმირება დეტერმინისტულ გარემოში

- **ზეგ ათ საათზე** თბილისში მოსალოდნელი ტემპერატურა იქნება $[8^{\circ} - 15^{\circ}] C$ შუალედში.
- დაშვებულია უზუსტობა, რაც იწვევს განუზღვრელობის შემცირებას. ანუ პროგნოზი უფრო სანდო და ალბათური ხდება, თუმცა ამ უკანასკნელის შეფასება დეტერმინისტულ გარემოში შეუძლებელია.

დრო – ზუსტად
10 საათი

სანდოობის შეფასება
შეუძლებელია

ტემპერატურა –
[8°–15°] C
შუალედში



პროგნოზის ფორმირება სტოჰასტურ გარემოში

- ალბათ, **ზეგ ათ საათზე** თბილისში მოსალოდნელი **ტემპერატურა** იქნება **[8° – 15°] C** შუალედში.

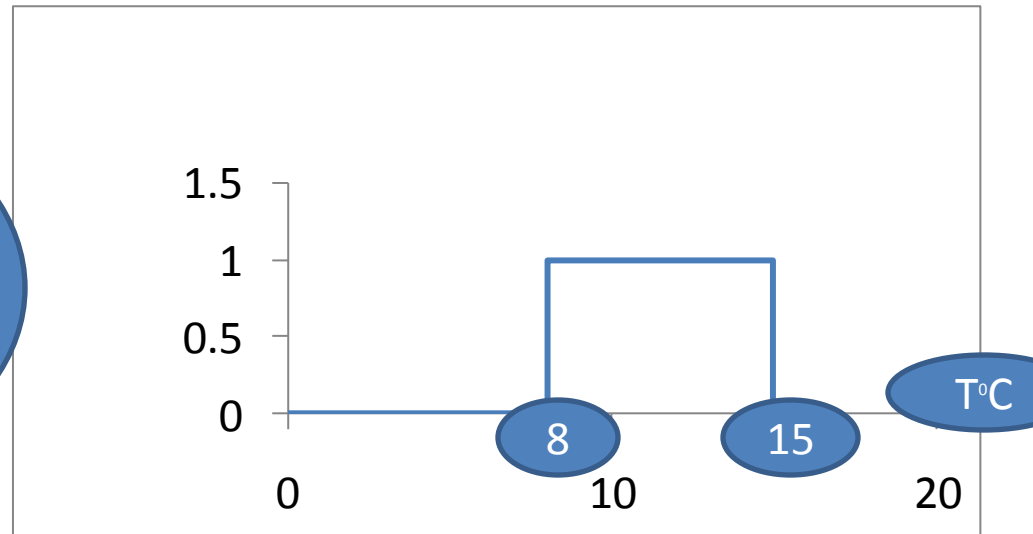
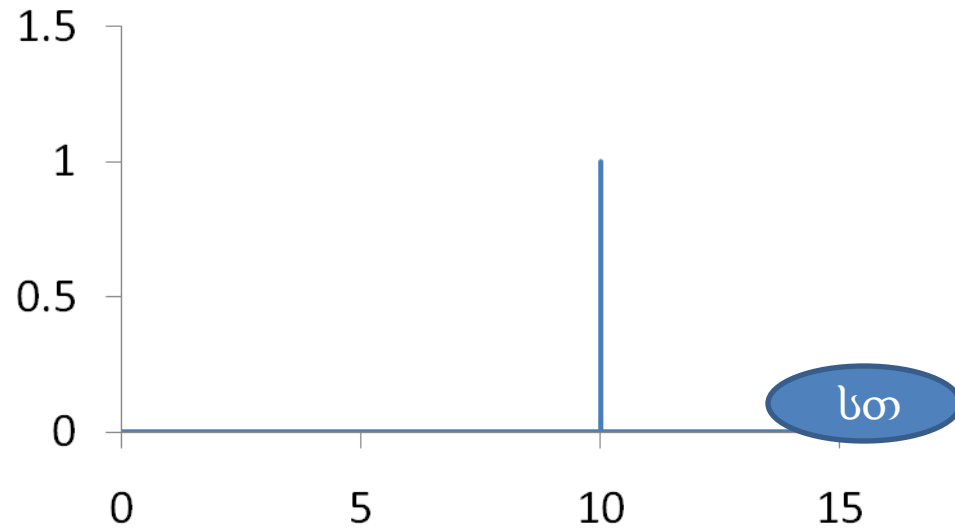
სტოჰასტური უზუსტობა წარმოდგენილია შემთხვევითი ცვლადის სახით - ტემპერატურა, ხოლო **განუზღვრელობა** კი **ალბათობით**, რომელის რიცხვითი შეფასებაა აუცილებელი.

22-26/ 01-2013, თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებთა ფაკულტეტის I საფაკულტეტო კონფერენცია

დრო –ზუსტად
10 საათი

რა ალბათობით?!

ტემპერატურა–
[8°–15°] C
შუალედში



პროგნოზის ფორმირება სტოქასტურ გარემოში

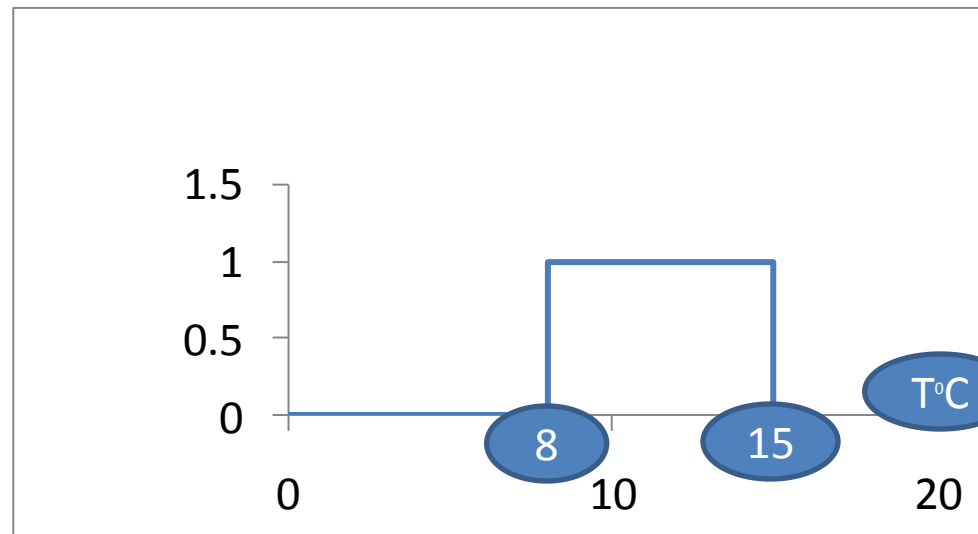
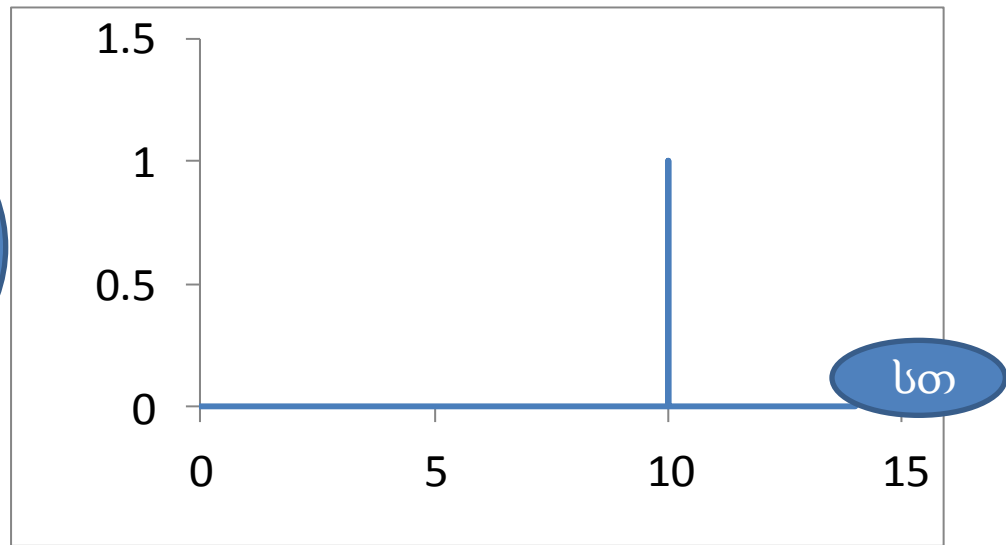
- ალბათობა, რომ ზეგ ათ საათზე თბილისში მოსალოდნელი ტემპერატურა იქნება $[8^{\circ} - 15^{\circ}]$ C შუალედში, შეადგენს 0.9-ს (10% მნიშვნელოვნების დონე).

სტოქასტური უზუსტობა წარმოდგენილია $[8^{\circ} - 15^{\circ}]$ C შუალედით, ხოლო განუზღვრელობა კი ნდობის ალბათობით - 0.9.

დრო –ზუსტად
10 საათი

ნდობის
აღბათობაა =0.9

ტემპერატურა–
[8°–15°] C
შუალედში

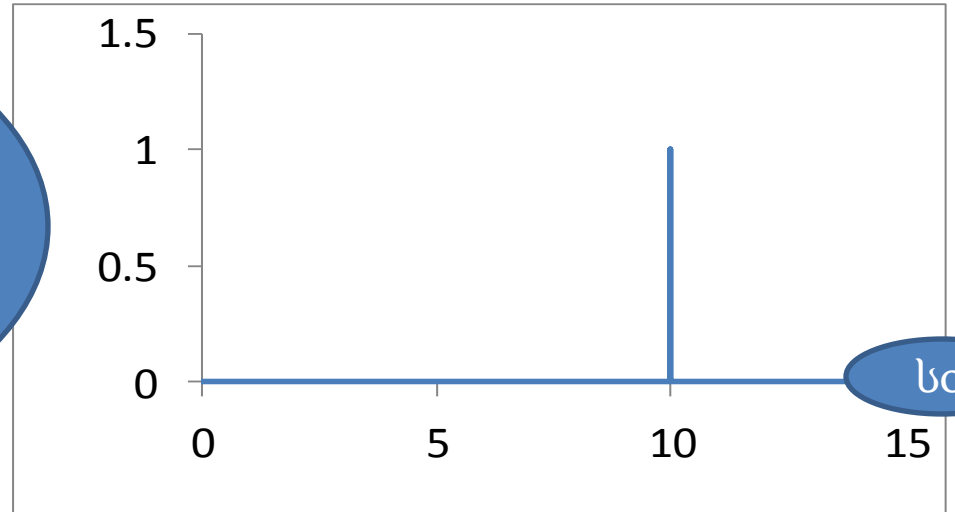


პროგნოზის ფორმირება შესაძლებლობით (ფაზი(Fuzzy)) გარემოში

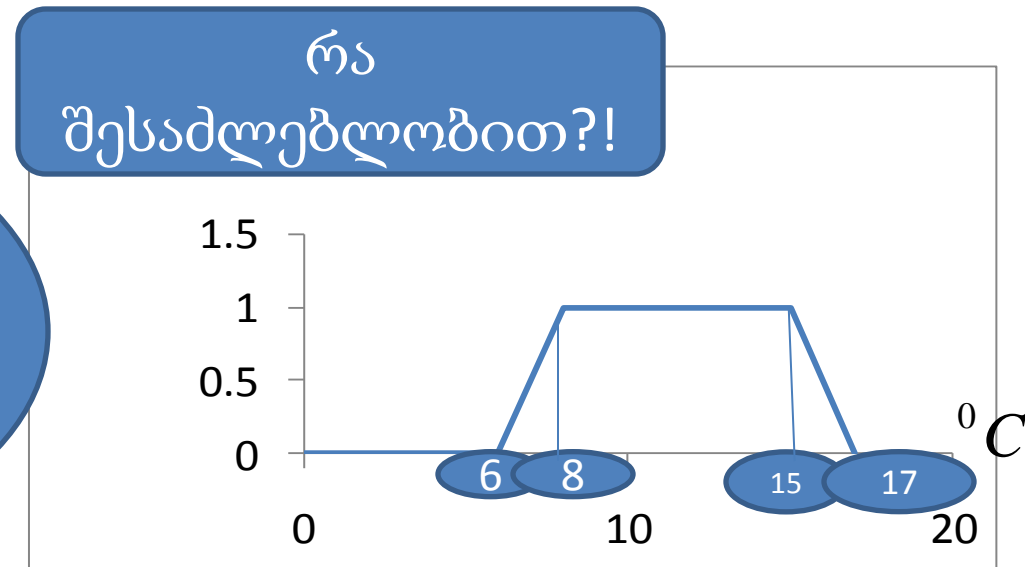
- შესაძლებელია, ზეგ ათ საათზე თბილისში მოსალოდნელი ტემპერატურა იქნება მიახლოებით $[8^{\circ} - 15^{\circ}] \text{ C}$ შუალედში.

იცვლება უზუსტობა. იგი წარმოდგენილია ფაზი-ინტერვალით: მიახლოებით $[8^{\circ} - 15^{\circ}] \text{ C}$. წარმოიშვა შესაძლებლობითი (სუბიექტური) განუზღვრელობა, რომლის შეფასებაა აუცილებელი.

დრო –ზუსტად
10 საათი



ტემპერატურა–
მიახლოებით
[8°–15°] C
შუალედში



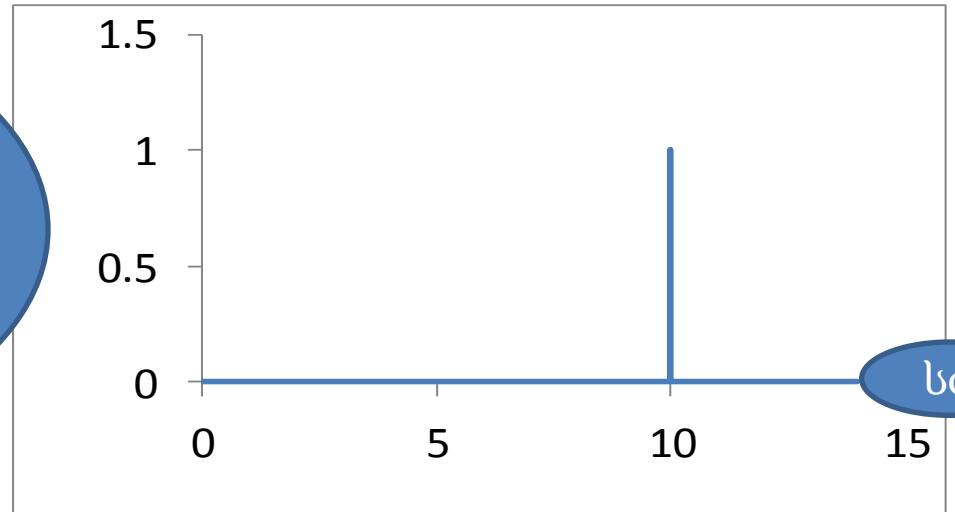
პროგნოზის ფორმირება შესაძლებლობით (ფაზი(Fuzzy)) გარემოში

- შესაძლებელის დონე რომ, **ზეგ ათ საათზე**, თბილისში მოსალოდნელი ტემპერატურა იქნება მიახლოებით $[8^{\circ} - 15^{\circ}] \text{ C}$ შუალედში, შეადგენს **0.7**-ს.

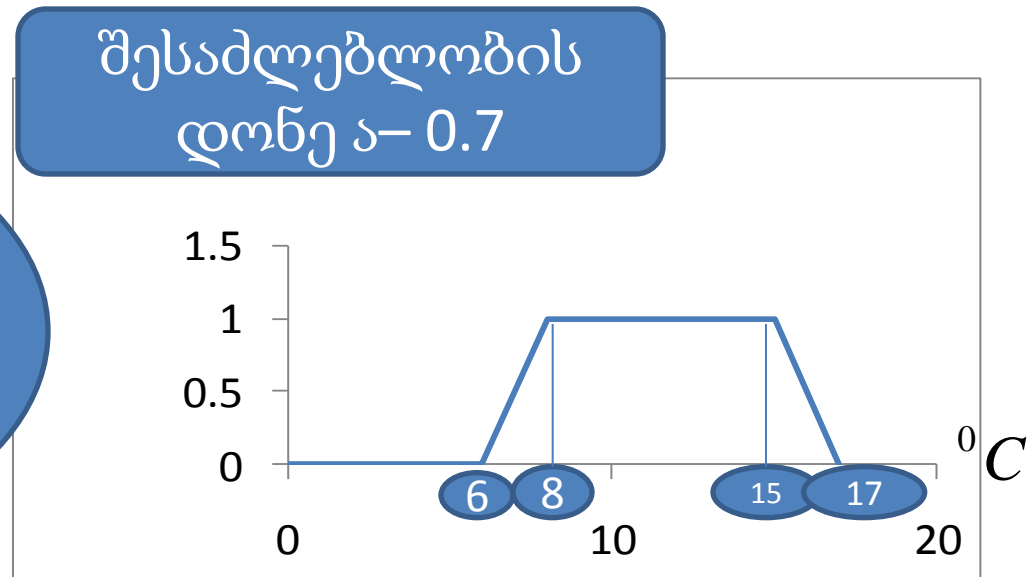
ფაზი-განუზღვრელობა წარმოადგენილია შესაძლებლობითი დონით - **0.7**, რომელიც არც ალბათობაა და არც შედეგის წილი. იგი წარმოადგენს ექსპერტის ცოდნის აქტივობის დონეს, ხარისხს, მოცემულ ფაქტთან მიმართებაში...

22-26/ 01-2013, თსუ ზუსტ და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებთა ფაკულტეტის I საფაკულტეტო კონფერენცია

დრო – ზუსტად
10 საათი



ტემპერატურა –
მიახლოებით
[8°–15°] C
შუალედში



პროგნოზის ფორმირება შესაძლებლობით (ფაზი(Fuzzy)) გარემოში

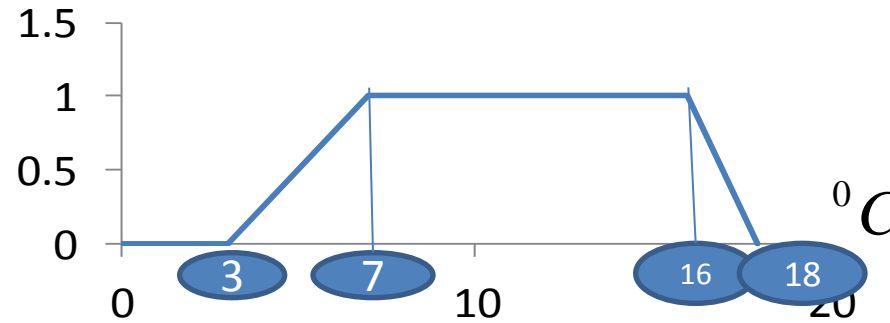
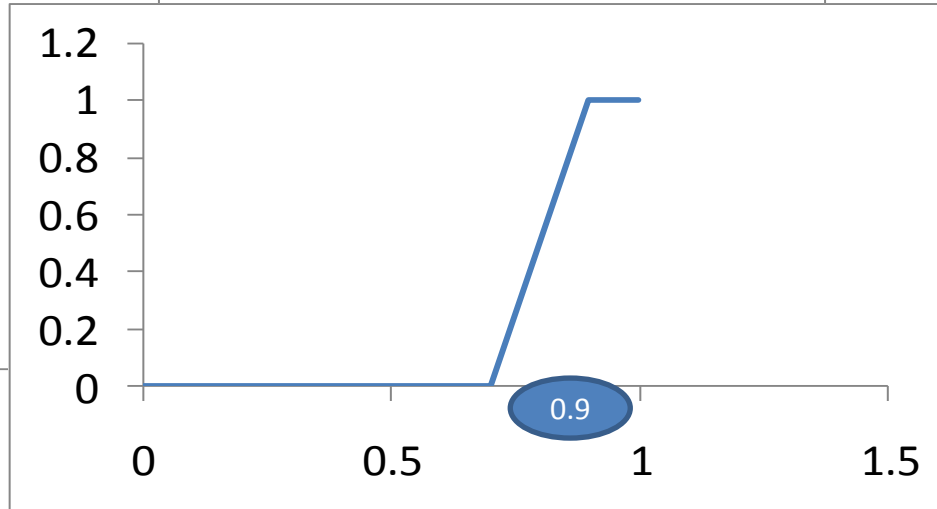
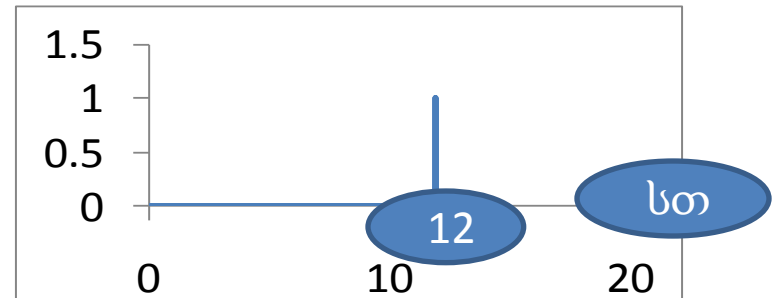
- მაღალია შესაძლებელობა რომ, **ზეგ**
თორმეტ საათზე, თბილისში
მოსალოდნელმა **ტემპერატურამ** შეადგინოს
ზამთრის საშუალო ტემპერატურა.

ვზრდით უზუსტობას ზამთრის საშუალო
ტემპერატურის სახით, სამაგიეროდ მივიღებთ
პროგნოზის სანდოობის ზრდას - **მაღალი**
შესაძლებელით, რომლის შეფასებაა აუცილებელი .

დრო – ზუსტად
12 საათი

მაღალი
შესაძლებლობა

ტემპერატურა –
ზამრის
საშუალო
ტემპერატურა

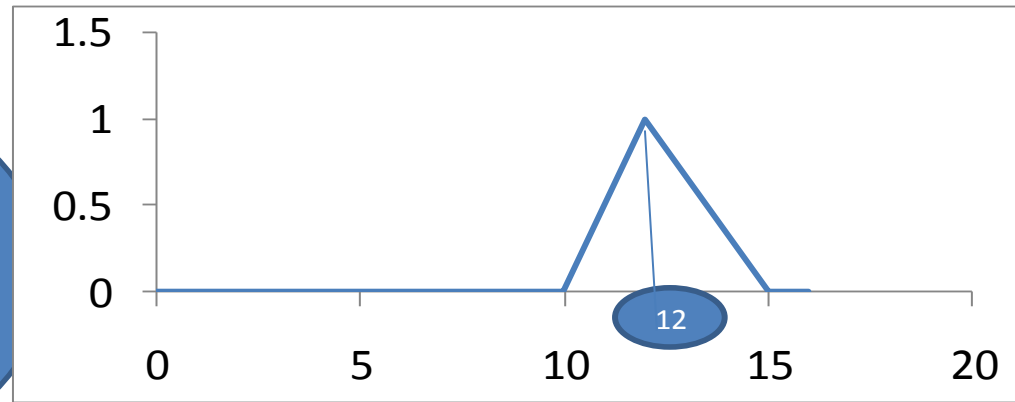


პროგნოზის ფორმირება შესაძლებლობით (*ფაზი(Fuzzy)*) გარემოში

- შესაძლებელია რომ, ზეგ დაახლოებით
თორმეტ საათზე, თბილისში
მოსალოდნელმა ტემპერატურამ შეადგინოს
ზამთრის საშუალო ტემპერატურა.

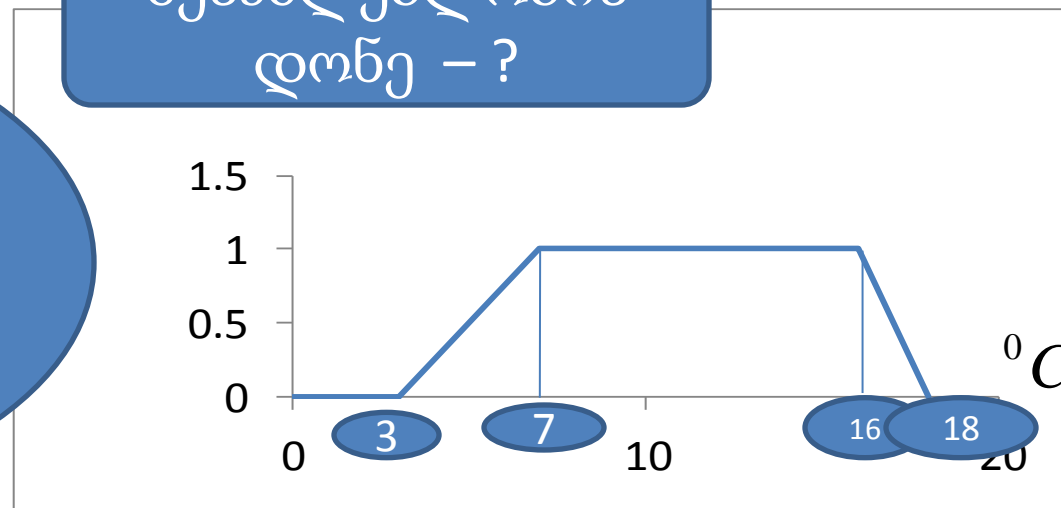
კვლავ გავზარდეთ უზუსტობა, რომელსაც დუალური
ბუნება აქვს: დრო+საპროგნოზო ცვლადი. მივიღეთ
მაღალი სანდობის შესაძლებლობითი პროგნოზი,
რომელსაც მხოლოდ ვერბალური სახე აქვს...

დრო –
დაახლოებით
12 საათი



ტემპერატურა–
ზამრის
საშუალო
ტემპერატურა

შესაძლებლობის
დონე – ?



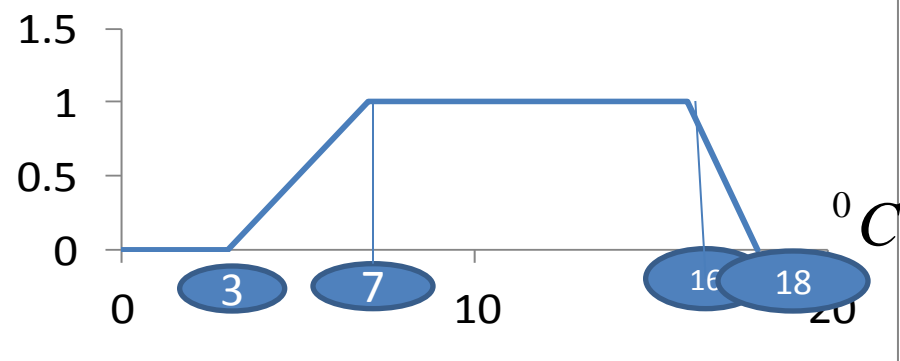
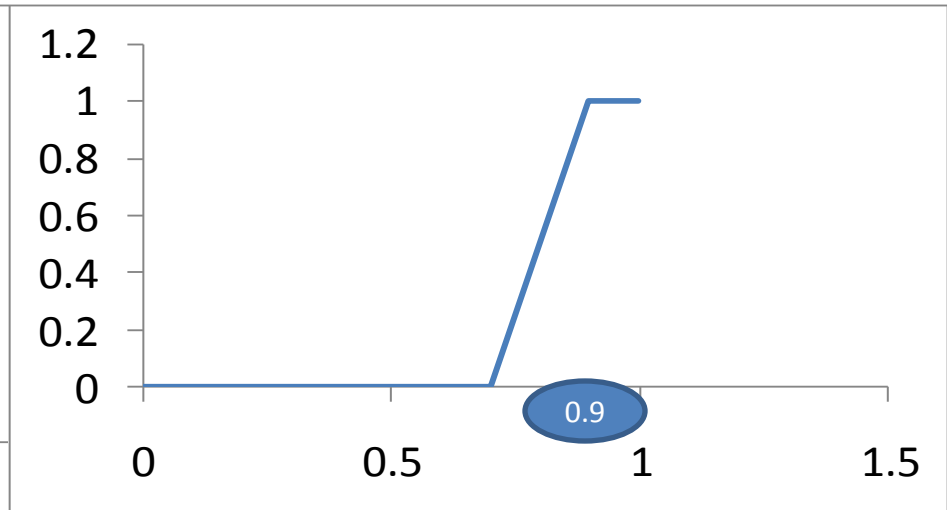
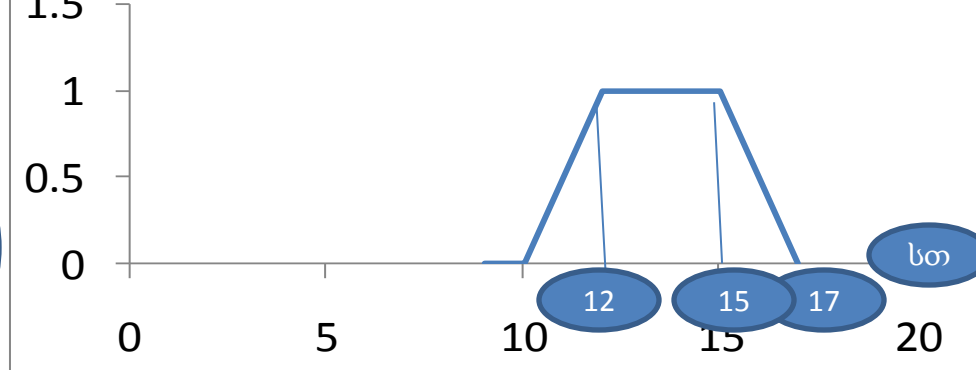
პროგნოზის ფორმირება შესაძლებლობით (*ფაზი(Fuzzy)*) გარემოში

- მაღალია შესაძლებელობა რომ, **ზეგ**
შუადღით, თბილისში მოსალოდნელმა
ტემპერატურამ შეადგინოს ზამთრის
საშუალო ტემპერატურა.

დრო –
შუადღით

მაღალი
შესაძლებლობა

ტემპერატურა–
ზამრის
საშუალო
ტემპერატურა



მადლობა ყურადღებისთვის

22-26/ 01-2013, თსუ ზუსტ და
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებეთა
ფაკულტეტის I საფაკულტეტო
კონფერენცია

II ნაწილი: ფაზი-ტექნოლოგიების საინფორმაციო-მათემატიკური ელემენტების შესახებ

- შინაარსი:
- ფაზი-სიმრავლე და მისი მიკუთვნების ფუნქცია
- ფაზი-მიმართებანი და კომპოზიციები
- ლინგვისტური ცვლადები
- შესაძლებლობითი თეორიის ელემენტები

გამონათქვამის ჭეშმარიტობის დონეები, როგორც ფაზი-ლოგიკის საფუძვლები

- მკაფიო (ბულის) ლოგიკა:
 - წინადადება შეიძლება იყოს მხოლოდ **ჭეშმარიტი** ან **მცდარი**.
 - გიორგი სტუდენტია (**ჭეშმარიტი**)
 - მოწვევა ჯანმრთელობაა (**მცდარი**)
 - ჭეშმარიტობის ხარისხი(დონე) არის **0** ან **1**.
- ფაზი-ლოგიკა:
 - ჭეშმარიტობის ხარისხი(დონე) არის **0** -სა და **1**-ს შორის.
 - მერაბი ახალგაზრდაა (**0.3** ჭეშმარიტი)
 - მალხაზი ჭკვიანია (**0.9** ჭეშმარიტი)

მკაფიო სიმრავლეები

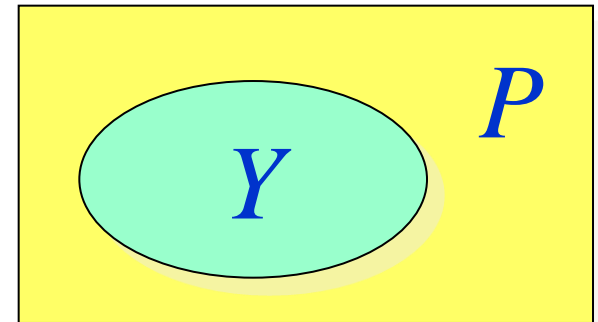
- კლასიკურ სიმრავლებს მკაფიო სიმრავლეები ეწოდებათ:
 - ელემენტი *ეკუთვნის* სიმრავლეს ან არა:
 $x \in A$ ან $x \notin A$
- *მიკუთვნების ფუნქცია* - მკაფიო სიმრავლის ინდიკატორი:

$$\mu_A(x) = \begin{cases} 0 & x \notin A \\ 1 & x \in A \end{cases} \quad \mu_A(x) \in \{0, 1\}$$

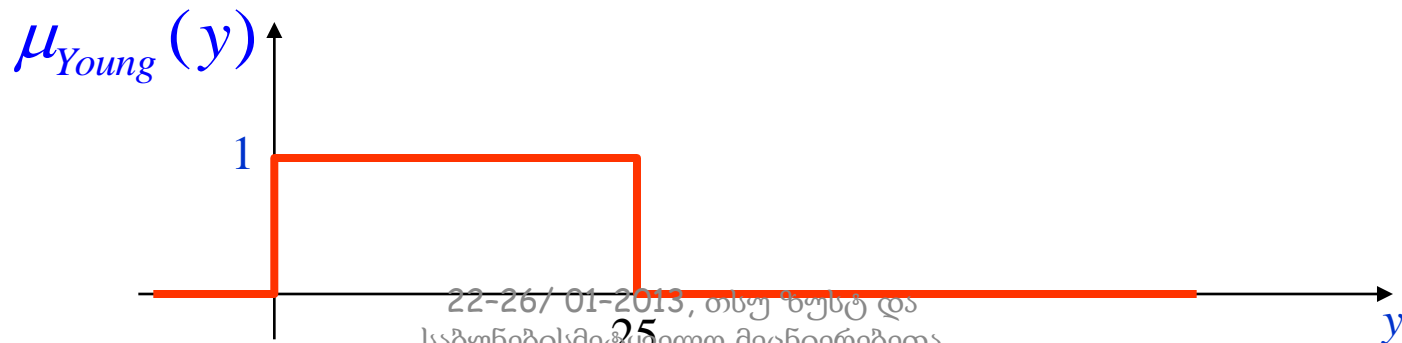
მკაფიო სიმრავლეები

P : ყველა ადამიანების სიმრავლე.

Y : ახალგაზრდა ადამიანების სიმრავლე.



$$Young = \{y \mid y = \text{age}(x) \leq 25, x \in P\}$$

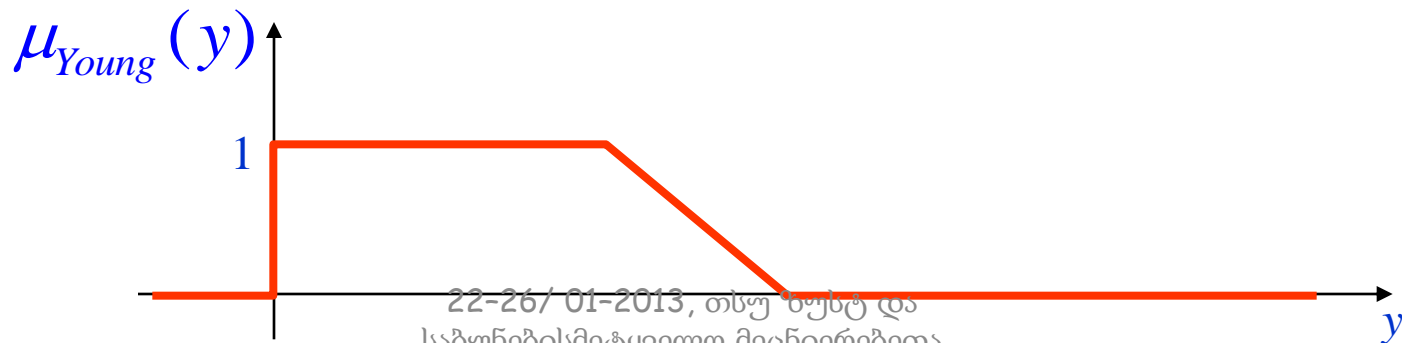


მკაფიო სიმრავლისთვის: $\mu_A(x) \in \{0,1\}$

ფაზი-სიმრავლეები

$$\mu_A(x) \in [0,1]$$

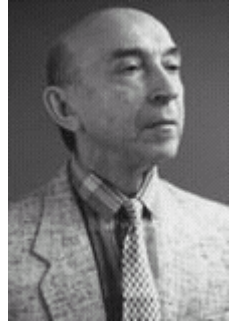
მაგალითი



22-26/ 01-2013, თსუ სუსტ და
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებეთა
ფაკულტეტის I საფაკულტეტო
კონფერენცია

Lotfi A. Zadeh, The founder of fuzzy logic.

ფაზი-სიმრავლეები



L. A. Zadeh, “Fuzzy sets,” *Information and Control*,
vol. 8, pp. 338-353, 1965.

ფაზი-სიმრავლე და მისი მიკუთვნების ფუნქცია

თუ U არის გარაკვეული ობიექტების (ზოგადად აღნიშნული x -ით) კოლექცია (უნივერსუმი), მაშინ A ფაზი-სიმრავლე U -ში განიმარტება, როგორც შემდეგი დალაგებული წყვილის სიმრავლე:

$$A = \left\{ \left(x, \underbrace{\mu_A(x)} \right) \mid x \in U \right\}$$

მიკუთვნების ფუნქცია

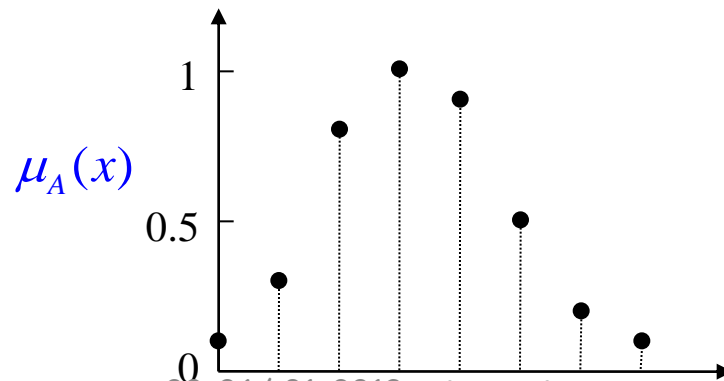
$$\mu_A : U \rightarrow [0, 1]$$

22-26/ 01-2013, თსუ ზესტ და
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებეთა
ფაკულტეტის I საფაკულტეტო
კონფერენცია

მაგალითი (დისკრეტული უნივერსუმი)

$U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$ — სემესტრში სტუდენტების ასაღები კურსების #

$A = \left\{ \begin{array}{cccc} (1, 0.1) & (2, 0.3) & (3, 0.8) & (4, 1) \\ (5, 0.9) & (6, 0.5) & (7, 0.2) & (8, 0.1) \end{array} \right\}$ — სტუდენტის მნიშვნელოვანი კურსების #



22-26/201-2013 ოსტ უსტ და 8
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებება
ფაკულტეტის ინფორმაციული
კურსების #
კურსების #
კურსების #
კურსების #

მაგალითი (დისკრეტული უნივერსუმი)

$U = \{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8\}$ — სემესტრში
სტუდენტების ასაღები
კურსების #

$A = \left\{ \begin{array}{cccc} (1, 0.1) & (2, 0.3) & (3, 0.8) & (4, 1) \\ (5, 0.9) & (6, 0.5) & (7, 0.2) & (8, 0.1) \end{array} \right\}$ — სტუდენტის
მნიშვნელოვანი
კურსების #

ალტერნატიული წარმოდგენა:

$$A = 0.1/1 + 0.3/2 + 0.8/3 + 1.0/4 + 0.9/5 + 0.5/6 + 0.2/7 + 0.1/8$$

მაგალითი (უწყვეტი უნივერსუმი)

U : დადებითი რეალური რიცხვების სიმრავლე — შესაძლო ასაკი

$$B = \left\{ (x, \mu_B(x)) \mid x \in U \right\}$$

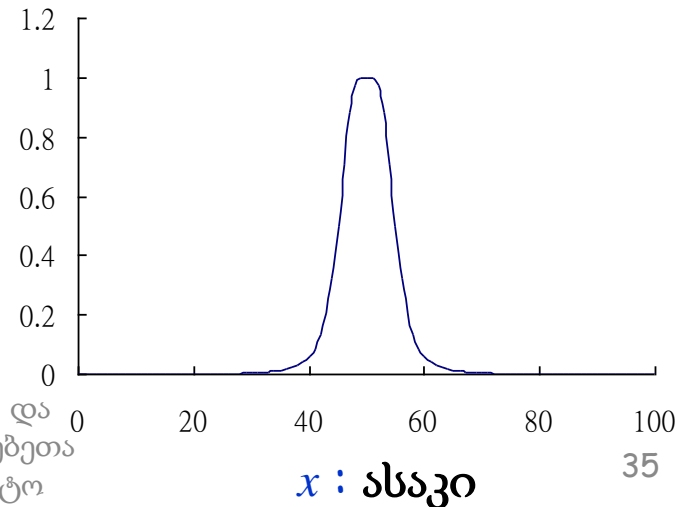
$$\mu_B(x) = \frac{1}{1 + \left(\frac{x-50}{5} \right)^4}$$

დაახლოებით 50 წლის

ალტერნატიული
წარმოდგენა

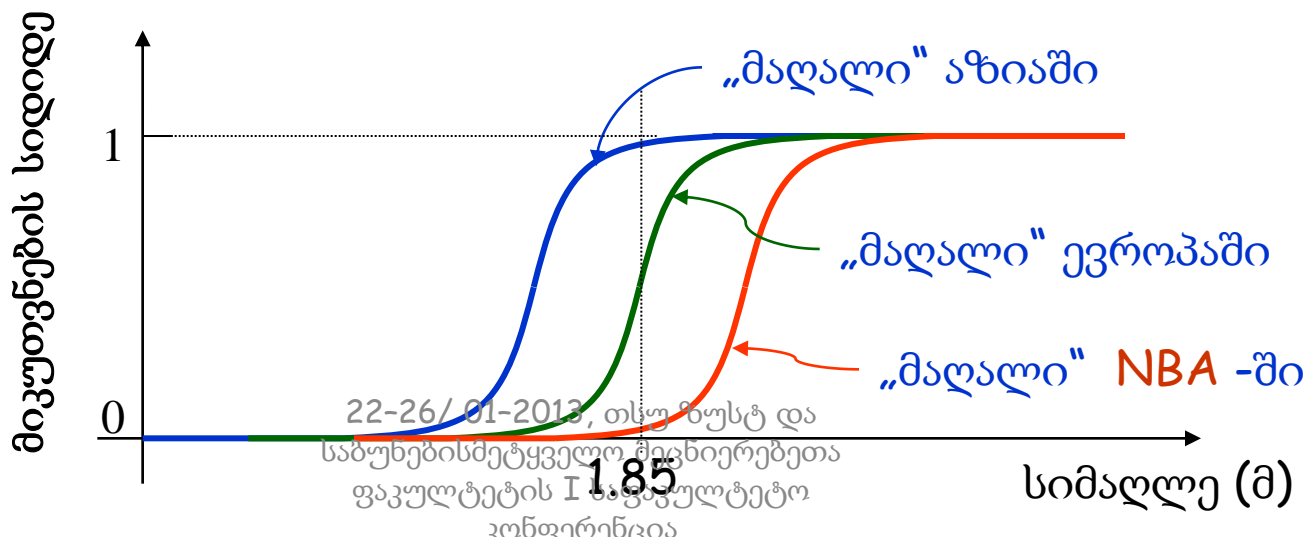
$$B = \int_{R^+} \frac{1}{1 + \left(\frac{x-50}{5} \right)^4} / x$$

$\mu_B(x)$

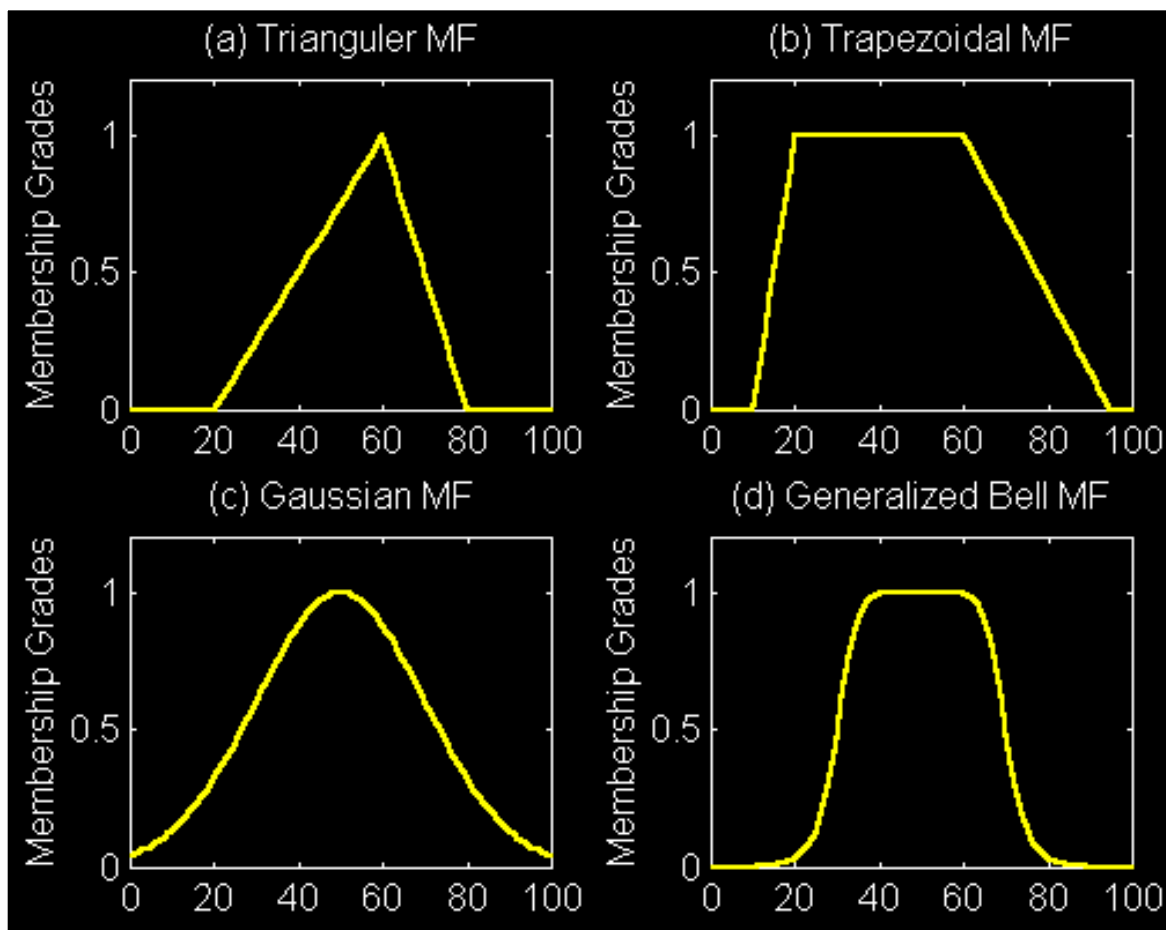


მიკუთვნების ფუნქციები(MF's)

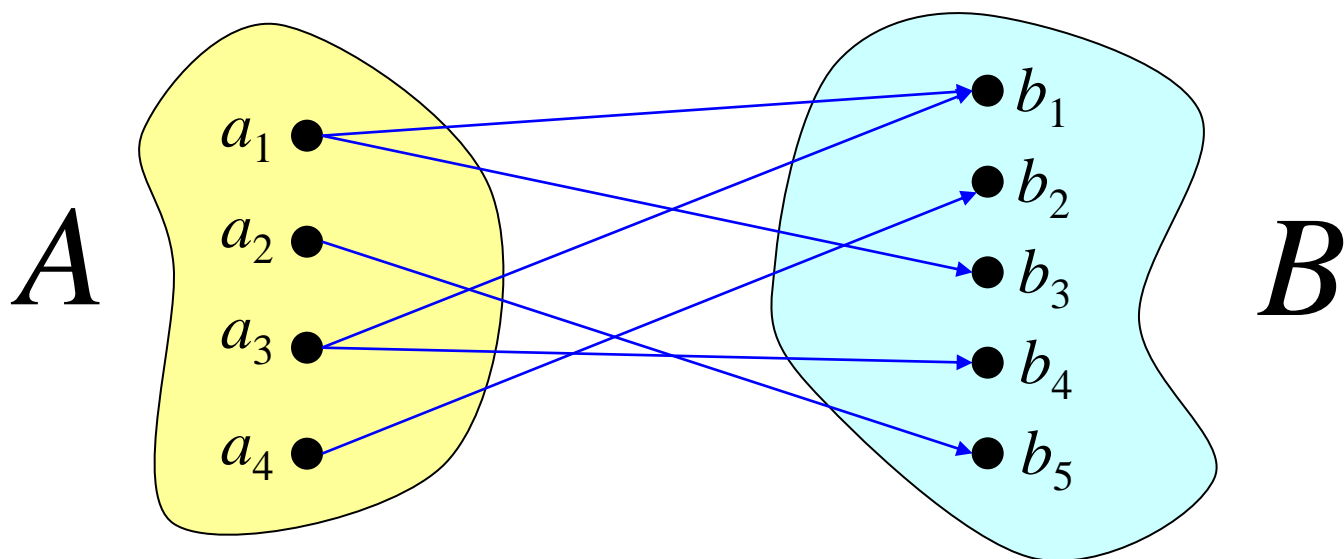
- ფაზი-სიმრავლე სრულიად წარმოდგენილია მისი მიკუთვნების ფუნქციით:
 - ის **სუბიექტური** ზომია.
 - ის **არა-ალბათური** ზომია.



მიკუთვნების ფუნქციების (MF) ფორმირება



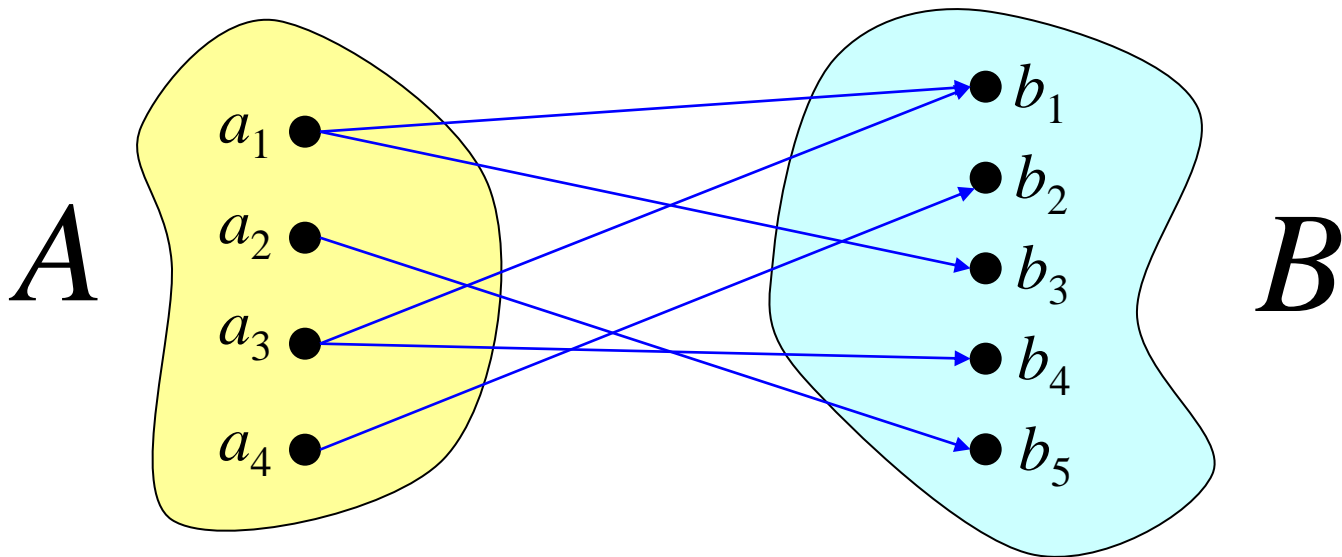
ბინარული მიმართება (R)



$$R \subseteq A \times B$$

22-26/01-2013, თსუ ზუსტ და
საბუნებისმეტყველო მეცნიერებეთა
ფაკულტეტის I საფაკულტეტო
კონფერენცია

ბინარული მიმართება $(R) \subseteq A \times B$



$$M_R = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$R = \left\{ \begin{array}{l} (a_1, b_1), (a_1, b_3), (a_2, b_5) \\ (a_3, b_1), (a_3, b_4), (a_4, b_2) \end{array} \right\}$$

რეალური მიმართებანი

- x დამოკიდებულია y -ზე
 - x და y მოვლენებია
- x და y ერთნაირად გამოიყურება
 - x და y პირივნებები ან ობიექტებია
- თუ x არის დიდი, მაშინ y არის პატარა
 - x დაკვირვებადი ობიექტია, y კი შესაბამისი დასკვნითი მოქმედებაა

ფაზი-მიმართებანი

R - ფაზი-მიმართება არის 2D MF:

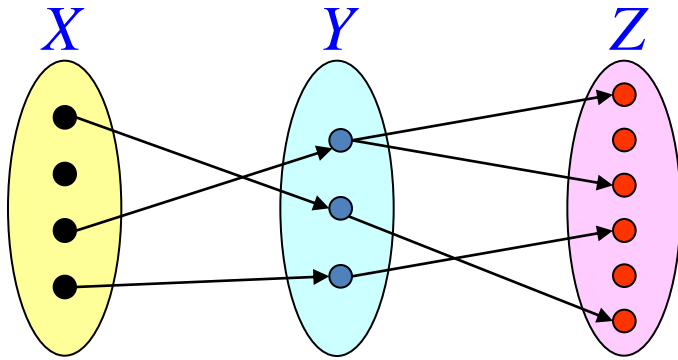
$$R = \left\{ \left((x, y), \mu_R(x, y) \right) \mid (x, y) \in X \times Y \right\}$$

$R = \{((x, y), \mu_R(x, y)) \mid (x, y) \in X \times Y\}$
 მაგალითი (მიახლოებით ტოლია)

$$X = Y = U = \{1, 2, 3, 4, 5\}$$

$$\mu_R(u, v) = \begin{cases} 1 & |u - v| = 0 \\ 0.8 & |u - v| = 1 \\ 0.3 & |u - v| = 2 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad M_R = \begin{bmatrix} 1 & 0.8 & 0.3 & 0 & 0 \\ 0.8 & 1 & 0.8 & 0.3 & 0 \\ 0.3 & 0.8 & 1 & 0.8 & 0.3 \\ 0 & 0.3 & 0.8 & 1 & 0.8 \\ 0 & 0 & 0.3 & 0.8 & 1 \end{bmatrix}$$

Max-Min კომპოზიცია



R : ფაზი-მიმართება X და Y -ზე.

S : ფაზი-მიმართება Y და Z -ზე.

$R \circ S$: R და S -ის კომპოზიცია.
კომპოზიცია - X და Z -ზე.

$$\mu_{R \circ S}(x, z) = \max_y \min(\mu_R(x, y), \mu_S(y, z))$$

$$= \bigvee_y (\mu_R(x, y) \wedge \mu_S(y, z))$$

მაგალითი

$$\mu_{S \circ R}(x, y) = \max_v \min(\mu_R(x, v), \mu_S(v, y))$$

R	a	b	c	d
1	0.1	0.2	0.0	1.0
2	0.3	0.3	0.0	0.2
3	0.8	0.9	1.0	0.4

S	α	β	γ
a	0.9	0.0	0.3
b	0.2	1.0	0.8
c	0.8	0.0	0.7
d	0.4	0.2	0.3

	0.1	0.2	0.0	1.0
min	0.9	0.2	0.8	0.4

max 0.1 0.2 0.0 0.4

$R \circ S$	α	β	γ
1	0.4	0.2	0.3
2	0.3	0.3	0.3
3	0.8	0.9	0.8

ლინგვისტური ცვლადები

- ლინგვისტური ცვლადი არის ცვლადი, რომლის მნიშვნელობებია **სიტყვები** ან **წინადადებები** ბუნებრივი თუ ხელოვნური ენებიდან.
- ლინგვისტურ ცვლადს შეიძლება მიენიჭოს რამოდენიმე ლინგვისტური მნიშვნელობა რომლებიც, თავის მხრივ როგორც ფაზი-სიმრავლეები, დაკავშირებული ქეშმარიტობის ხარისხებთან შესაბამისი შეთანხმებულობის ფუნქციებით.

მაგალითი

თუ ტემპერატურა დაბალია და
საწვავი იაფია, მაშინა გათბობის
რეგულირება მარტივია .

მაგალითი

ლინგვისტური ცვლადი

ლინგვისტური
თერმი

თუ ტემპერატურა არის დაბალი, მაშინ თბილისში

ქდაბალი

მოსალოდნელია

მცირე

თოვლი.

ლინგვისტური
თერმი

ლინგვისტური
ცვლადი

განმარტება [ზადე, 1973]

ლინგვისტური ცვლადი წარმოიდგინება ხუთეულით:

$(x, T(x), U, G, M)$

სახელი

თერმების სიმრავლე

უნივერსუმი

სინტაქსური წესები

სემანტიკური წესები
22-26/01-2013, თსუ ზუსტ და
სამეცნიერო-მეცნიერებთა
ფაკულტეტის I საფაკულტეტო
კონფერენცია

მაგალითი

ლინგვისტური ცვლადი წარმოიდგინება ხუთეულით:

$$(x, T(x), U, G, M)$$

ასაკი

$$G(\text{age}) = \left\{ \begin{array}{l} \text{old, very old, not so old,} \\ \text{more or less young,} \\ \text{quite young, very young} \end{array} \right\}$$

[0, 100]

სემანტიკური წესების მაგალითი:

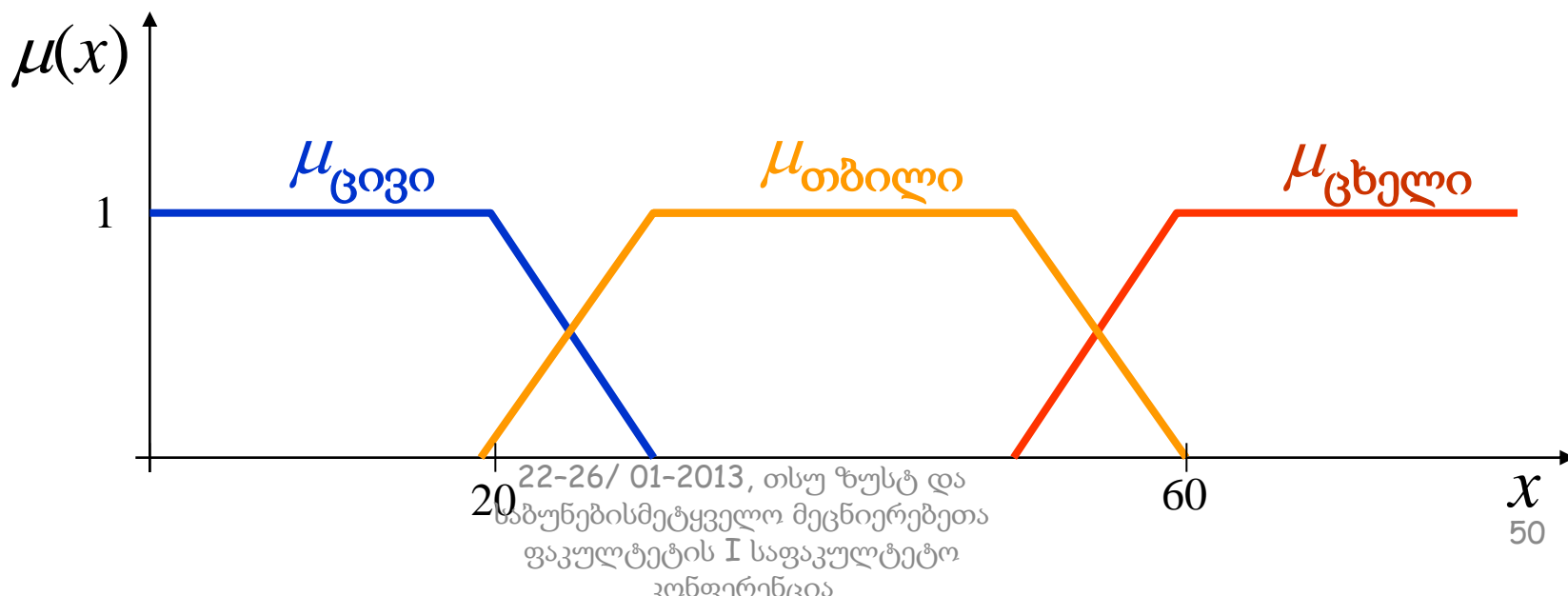
$$M(\text{old}) = \{(u, \mu_{\text{old}}(u)) | u \in [0, 100]\}$$

$$\mu_{\text{old}}(u) = \begin{cases} 0 & u \in [0, 50] \\ \left[1 + \left(\frac{u-50}{5} \right)^{-2} \right]^{-1} & u \in [50, 100] \end{cases}$$

მაგალიტი

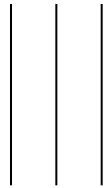
ლინგვისტური ცვლადი: ტემპერატურა

ლინგვ. თერმები (ფაზი-სიმრავლეები) : {ცივი, თბილი, ცხელი}



ფაზი-წესები: კლასიკური იმპლიკაცია

$$A \rightarrow B$$



A	B	$A \rightarrow B$
T	T	T
T	F	F
F	T	T
F	F	T

A	B	$A \rightarrow B$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

$$\neg A \cup B$$

A	B	$\neg A \cup B$
T	T	T
T	F	F
F	T	T
F	F	T

A	B	$\neg A \cup B$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

კლასიკური იმპლიკაცია

$$A \rightarrow B$$

$$\mu_{A \rightarrow B}(x, y) = \begin{cases} 1 & \mu_A(x) \leq \mu_B(y) \\ \mu_B(y) & \text{otherwise} \end{cases}$$

A	B	$A \rightarrow B$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

$$\neg A \cup B$$

$$\mu_{\neg A \cup B}(x, y) = \max(1 - \mu_A(x), \mu_B(x))$$

A	B	$\neg A \cup B$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

“Modus Ponens”

A	B	$A \rightarrow B$
1	1	1
1	0	0
0	1	1
0	0	1

$$A \rightarrow B$$

$$\neg A \cup B$$

თუ A მაშინ B

$$\frac{\wedge A}{B}$$

$$\frac{\wedge A}{B}$$

$$\frac{\wedge A \text{ არის ჭეშმარიტი}}{B \text{ არის ჭეშმარიტი}}$$

B

B

B არის ჭეშმარიტი

ფაზი – იმპლიკაცია

$A \rightarrow B \equiv$ თუ x არის A მაშინ y არის B .

წინაპირობა

დასკვნა

მაგალითები

- თუ წნევა მაღალია, მაშინ მოცულობა მცირეა.
- თუ გზა სრიალაა, მაშინ მართვა სახიფათოა.
- თუ პომიდორი წითელია, მაშინ ის მწიფეა.
- თუ სიჩქარე მაღალია, მაშინ გამოიყენეთ

მცირე მუხრუჭი

ფაზი-წესები, როგორც მიმართებანი

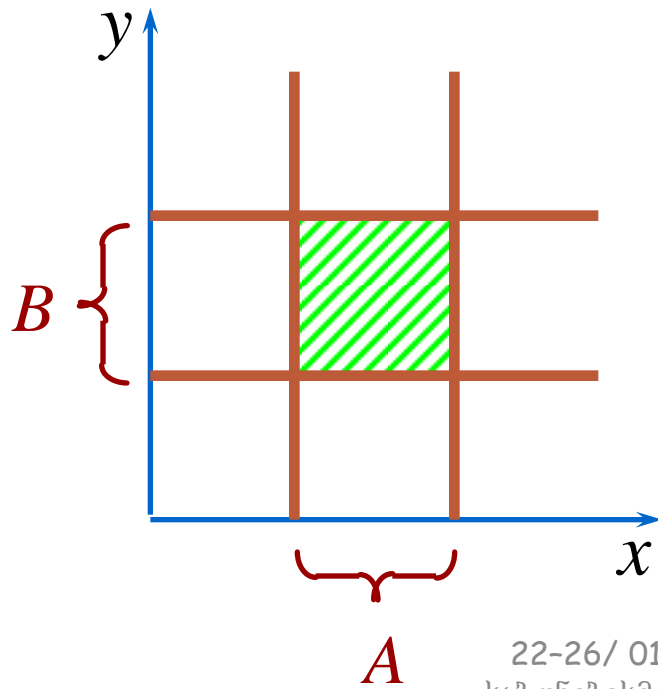
$$\underbrace{A \rightarrow B}_R \equiv \text{თუ } x \text{ არის } A \text{ მაშინ } y \text{ არის } B.$$

ფაზი-წესი შეიძლება განიმარტოს, როგორც ბინარული მიმართება რაიმე MF-ით

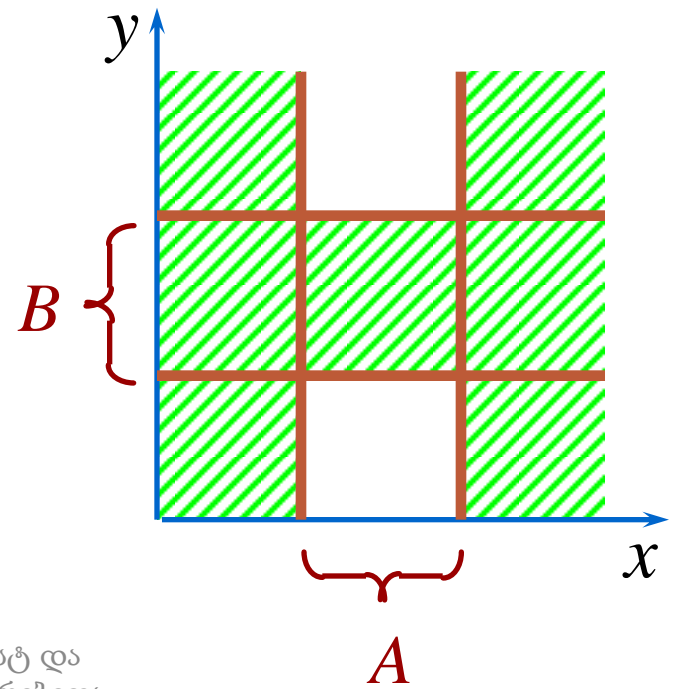
$$\underbrace{\mu_R(x, y) = \mu_{A \rightarrow B}(x, y)}_{\text{მიმართება დამოკიდებულია იმპლიკაციის ინტერპრეტაციაზე } A \rightarrow B}$$

$A \rightarrow B$ – ინტერპრეტაციები $\mu_R(x, y) = \mu_{A \rightarrow B}(x, y) = ?$

A ერთდად B-სთან



A-დან B



შესაძლებლობის კონცეფცია

- მიზანშეწონილობა: *შესაძლებლობა* რაიმე გავაკეთოდ (ფიზიკური).
- დასაჯერობა: *შესაძლებელობა* რაიმე მოხდეს (ეპისტემური).
- შეთანხმებულობა: *შეთანხმებულობა* იმასთან, რაც არის ცნობილი (ლოგიკური).
- ნებართვა: *დასაშვებია* რაიმე გავაკეთოთ (დეონტური)

მაგალითი: $x =$ “პრეზიდენტის ასაკი”

- ვთქვათ არაა ცნობილი პრეზიდენტის ასაკი, თუმცა გაგვაჩნია რაიმე სტატისტიკური მაგრამ არასრულყოფილი ინფორმაცია. შესაძლებლობითი განაწილება შეიძლება ასე ჩამოვყალიბოთ:
- **ნაწილობრივი უცოდინრობა:** თუ ცნობილია, რომ პრეზიდენტის ასაკი

$0 \leq x \leq 80$ შუალედშია, მაშინ თანაბრი **შესაძლებლობის განაწილება** ასე მოიცემა:

$$\pi(x) = 1$$

$$x \in [70, 80]$$

$$= 0$$

სხვა შემთხვევაში

მაგალითი: $x =$ “პრეზიდენტის ასაკი”

- ლინგვისტური ინფორმაცია წარმოდგენილია ფაზი–სიმრავლით: :
“ პრეზიდენტი არის მოხუცი ” :
შესაძლებლობითი განაწილება
განიმარტება “მოხუცი”–ის მიკუთვნების ფუნქციით:

$$\pi = \mu_{\text{მოხუცი}}$$

შესაძლებლობის განაწილება $-\pi(x)$

- შესაძლებლობის განაწილება არის სუბიექტის (ექსპერტის) ცოდნის მდგომარეობის წარმოდგენა: აღწერა იმისა, თუ როგორ ფიქრობს სუბიექტი ფაქტის შესახებ, რომელსაც წარმოადგენს შეთანხმებულობის დონეებში. $\pi(x)$ არის შესაძლებლობის დონე (ხარისხი), რომ პრეზიდენტი იქნება მოხუცი x ასაკის

ხდომილობის შესაძლებლობა

- ვთვათ S რაიმე უნივერსუმია და π რაიმე შესაძლებლობის განაწილება S –ზე. რაიმე A , $A \subset S$ (ხდომილობის) შესაძლებლობა განიმარტება, როგორც შესაძლებლობის დონე, ხარისხი იმისა, რომ $x \in A$ (**Pos** - აღნიშნავს *შესაძლებლობას* (Possibility):

$$\text{Pos}(A) = \max_{x \in A} \pi(x) .$$

Pos(A) –არის დონე, რომლითაც ერთი ელემენტი მაინც A–დან შესაძლებელია მოხდეს.

ხდომილობის შესაძლებლობა

თუ **A** და **B** რაიმე ხდომილობებია **S** –დან,
მაშინ

$$\text{Pos}(A \cup B) = \max\{\text{Pos}(A), \text{Pos}(B)\}$$

$$\text{Pos}(A \cap B) < \min\{\text{Pos}(A), \text{Po}(B)\};$$

III ნაწილი: ფაზი-დინამიკური სისტემის კონსტრუქცია

- შინაარსი
- ფაზი-დინამიკური სისტემის
კონსტრუქცია
- Example

ფაზი-დინამიკური სისტემის კონსტრუქცია

ვთქვათ $D = \{d_1, d_2, \dots, d_n\}$ არის
ევოლუციური სისტემის
მდგომარეობათა სიმრავლე, რომელსაც
აკვირდებ ექსპერტი.

D-ზე ექსპერტული ცოდნის ნაკადი
რაიმე ფაზი თერმთან მიმართებაში
მოიცემა: $\langle \hat{K}_* = \hat{K}_*(d, t); \hat{K}^* = \hat{K}^*(d, t) \rangle$

ფაზი-დინამიკური სისტემის კონსტრუქცია

- ცოდნის ნაკადის საპროგნოზო მოდელია შესაძლებლობითი რეკურენტული სისტემა:

$$\tilde{K}_{*N}(d, t) = \int_X \langle \tilde{\rho}_N(d', d) \vee \tilde{K}_{*N}(d', t-1) \rangle \circ \hat{Pos}_{t-1}(\cdot); \quad d \in D, \quad t = 1, 2, \dots, s$$

$$\tilde{K}_N^*(d, t) = \int_X \langle \tilde{\rho}_N(d', d) \wedge \tilde{K}_N^*(d', t-1) \rangle \circ \hat{Nec}_{t-1}(\cdot);$$

$$\tilde{K}_{*N}(d', 0) \equiv \hat{K}_*(d', 0); \quad \tilde{K}_N^*(d', 0) \equiv \hat{K}^*(d', 0)$$

$$\hat{Pos}_{t-1}(B) = \frac{\bigvee_{d \in B} \hat{K}_*(d, t-1)}{\bigvee_{d \in D} \hat{K}_*(d, t-1)}, \quad .$$

$$\hat{Nec}_{t-1}(B) = 1 - \frac{\bigvee_{d \notin B} \hat{K}^*(d, t-1)}{\bigvee_{d \in D} \hat{K}^*(d, t-1)}$$

Example:

- **I have an experience of working with the students of graduate masters module in “intelligent information systems”, in which students work on group projects, which involves the evolution, control, engineering and management of simulation models for studied complex systems.**
- **The students always create several versions of project and we face the complex problem of choosing the best version of project for implementation.**
- **After studying the versions of projects I have the possibility to consider the levels of competency of each student concerning the implementation of the project and evaluate each student by utility levels for each given version of project.**

Example:

- **We were dealing with the estimation of the financial state of some business organization. The estimation on linguistic variable is represented by several fuzzy terms, which represent the output of fuzzy control system.**
- **The input information was the objective-statistical data – linguistic variables, which influence the financial state of organization. After detalization of the problem, we found out that the number of input linguistic variables was 14.**
- **Their fuzzification was performed and the students elaborated three versions of project of construction of the system for the same input and output information:**

Example:

- **The fuzzy logic rules, corresponding knowledge base and the decision support system must be built using MatLab Fuzzy-Logic ToolBox;**
- **The fuzzy rules, knowledge base, architecture and interface all will be developed using the programming language C#;**
- **The body of control system - the transaction between input and output variables will be developed using fuzzy relations and their compositions. Corresponding software also developed using C#.**

Example:

Thus three versions of project $D = \{d_1, d_2, d_3\}$ have been created in which 7 students were participating, say $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4, \omega_5, \omega_6, \omega_7\}$. All seven of them participated in development of all three versions, but in different sub-groups. They created four groups.

Example:

- A_1 - the group for problem detalization, gathering of input data; - the group of the initial processing and construction of conceptual model;
- A_2 the group for conceptual model validation and software development , - management group
- A_3 - the group for software verification an
- A_4 - the management group.

The students were divided into the subgroups in the following way: $A_1 = \{\omega_1, \omega_3, \omega_4\}$,

$A_2 = \{\omega_2, \omega_3, \omega_5, \omega_6\}$, $A_3 = \{\omega_1, \omega_2, \omega_6, \omega_7\}$,

$A_4 = \{\omega_4, \omega_6, \omega_7\}$.

Example:

- 1. After some time the students presented all three variants of the project .**
- 2. I had to choose the best one with the objective of optimal realization of the problem.**
- 3. I had to evaluate the utilities of students concerning each version. So I had to study the projects in detail.**
- 4. Also I had to consider students' competences and knowledge in given topics, the quality and reliability of the realization of projects' variants, the ability to work in groups, etc.**

Table 10. The modelled extremal fuzzy process of expert knowledge precision

Modeling step	$[\tilde{K}_{*N}(d, t), \tilde{K}_N^*(d, t)]$	d_1	d_2	d_3
Prediction time period				
7	$[\hat{K}_{*N}(\cdot, 7), \hat{K}_N^*(\cdot, 7)]$	[0.491, 0.551]	[0.670, 0.723]	[0.525, 0.613]
8	$[\hat{K}_{*N}(\cdot, 8), \hat{K}_N^*(\cdot, 8)]$	[0.494, 0.549]	[0.674, 0.719]	[0.528, 0.607]
9	$[\hat{K}_{*N}(\cdot, 9), \hat{K}_N^*(\cdot, 9)]$	[0.497, 0.534]	[0.679, 0.715]	[0.532, 0.602]
10	$[\hat{K}_{*N}(\cdot, 10), \hat{K}_N^*(\cdot, 10)]$	[0.499, 0.521]	[0.682, 0.711]	[0.535, 0.598]
11	$[\hat{K}_{*N}(\cdot, 11), \hat{K}_N^*(\cdot, 11)]$	[0.502, 0.519]	[0.687, 0.709]	[0.541, 0.591]
12	$[\hat{K}_{*N}(\cdot, 12), \hat{K}_N^*(\cdot, 12)]$	[0.508, 0.518]	[0.691, 0.705]	[0.544, 0.587]
13	$[\hat{K}_{*N}(\cdot, 13), \hat{K}_N^*(\cdot, 13)]$	[0.511, 0.516]	[0.693, 0.704]	[0.548, 0.582]
14	$[\hat{K}_{*N}(\cdot, 14), \hat{K}_N^*(\cdot, 14)]$	[0.513, 0.515]	[0.697, 0.704]	[0.550, 0.576]
15	$[\hat{K}_{*N}(\cdot, 15), \hat{K}_N^*(\cdot, 15)]$	0.51	[0.698, 0.703]	[0.553, 0.573]
16	$[\hat{K}_{*N}(\cdot, 16), \hat{K}_N^*(\cdot, 16)]$		[0.701, 0.703]	[0.556, 0.569]
17	$[\hat{K}_{*N}(\cdot, 17), \hat{K}_N^*(\cdot, 17)]$		0.70	[0.557, 0.568]
18	$[\hat{K}_{*N}(\cdot, 18), \hat{K}_N^*(\cdot, 18)]$			[0.561, 0.564]
19	$[\hat{K}_{*N}(\cdot, 19), \hat{K}_N^*(\cdot, 19)]$			0.56

Example: prediction results

- **Obviously, the second variant of the project can be supposed as the optimal one with about [0.701 ÷ 0.703] possibility level**