ი. ჯავახიშვილის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი
ზუსტი და საბუნებისმეტყველო მეცნიერებათა ფაკულტეტი

მოდალური ეპისტემიკური ლუკასევიჩის ლოგიკა გამდიდრებული კონსტანტით და მისი გამოყენება იმუნურ სისტემაში

რევაზ გრიგოლია და ნუნუ მიცკევიჩ ი

10 თებერვალი, **2017** წელი
თბილისი

მოდალური ეპისტემიკური ლუკასევიჩის ლოგიკა გამდიდრებული კონსტანტით და მისი გამოყენება იმუნურ სისტემაში

- მოტივაცია
- აქსიომატიკური მეთოდი ბიოლოგიურ სისტემებში
- რელაციური ბიოლოგია
- ლუკასევიჩის ლოგიკა
- ალგებრული და რელაციური სემანტიკა
- იმუნური სისტემა
- დასკვნები და პერსპექტივა

მოტივაცია

- H. Woodger, *The Axiomatic Method in Biology*, Cambridge University Press, (1937).
- R. Rosen, *A relational theory of biological systems*, Bull. Math. Bio-physics 20, 245-260 (1958).
- N. Rashevsky, *Organismic Sets*, J.M. Richards Lab, Grosse-Pointe Park, MI, (1972).

შემოგვთავაზეს, რომ ვიმსჯელოთ ბიოლოგიურ პრობლემებზე მკაფიო და უტყუარი მტკიცებულებებით (მსჯელობებით) ისეთნაირად, რომ მათ გააჩნდეს უნარი ბიოლოგიური სისტემის შესწავლისა (კვლევისა) ლოგიკის (აქსიომატიკური ფორმალური სისტემის) საშუალებით.

მოტივაცია

"გადარჩენის მიზნით ყოველმა ორგანიზმა უნდა გამოიყენოს გარემოში მყოფი ენერგიის წყაროები, და გვერდით აუაროს ხიფათებს, რომლებსაც შეუძლია მათი განადგურება. ამისათვის მათ უნდა შეიძინონ ცოდნა გარემოს შესახებ. ყველა ორგანიზმი იძენს ასეთ ცოდნას, რომლის საშუალებით გათვალისწინებულია მათი ქცევა, რომელიც, როდესაც ის წარმატებულია, განაპირობებს მათ გადარჩენას.

ცოდნა ბუნებრივი ფენომენია, რომელიც გვხვდება ყოველ ორგანიზმში. ცოდნას გააჩნია ბიოლოგიური როლი, ისევე როგორც სხვა უნარების მსგავსად, რომლებიც განაპირობებენ ორგანიზმის გადარჩენას."

R. Rosen

მოტივაცია

ნ. რეშევსკი იყო რელაციური ბიოლოგიის ფუძემდებელი ბიოლოგიური სისტემების ნაწილებს შორის მიმართებების (დამოკიდებულებების) განსაზღვრის თვალთახედვით.

მოტივაცია

ნ. რეშევსკი იყო ფუძემდებელი რელაციური ბიოლოგიისა ბიოლოგიური სისტემების ნაწილებს შორის მიმართებების (დამოკიდებულებების) განსაზღვრის თვალთახედვით.

ბიოლოგიური სისტემის, როგორც იმუნური სისტემის, ანალიზი რელაციური სისტემის საშუალებით მულტიმოდალური ეპისტემიკური ლუკასევიჩის ლოგიკის გამოყენებით მოცემულია

[A. Di Nola, R. Grigolia, N. Mitskevich, *Multimodal epistemic Lukasiewicz logics with application in immune system*, Soft Computing, Volume 19, Issue 11 (2015), pp. 3341-3351],

სადაც მტკიცებულებების და შესაბამისი მსჯელობების შეფასება მოცემულია სამი გრადაციით: *ჭეშმარიტი, უცნობი (გაურკვეველი), მცდარი*.

მოტივაცია

ნ. რეშევსკი იყო ფუძემდებელი რელაციური ბიოლოგიისა ბიოლოგიური სისტემების ნაწილებს შორის მიმართებების (დამოკიდებულებების) განსაზღვრის თვალთახედვით.

ბიოლოგიური სისტემის, როგორც იმუნური სისტემის, ანალიზი რელაციური სისტემის საშუალებით მულტიმოდალური ეპისტემიკური ლუკასევიჩის ლოგიკის გამოყენებით მოცემულია **[A. Di Nola, R. Grigolia, N. Mitskevich, *Multimodal epistemic Lukasiewicz logics with application in immune system*, Soft Computing, Volume 19, Issue 11 (2015), pp. 3341-3351]**, სადაც მტკიცებულებების და შესაბამისი მსჯელობების შეფასება მოცემულია სამი გრადაციით: *ჭეშმარიტი, უცნობი (გაურკვეველი), მცდარი*.

შევნიშნოთ, რომ კლასიკური მულტიმოდალური ეპისტემიკური ლოგიკა მრავალაგენტების სისტემებისთვის განვითარებული იყო ტ. პორტერის მიერ

[T. Porter, *Geometric Aspects of Multiagent Systems*, Electronic Notes in Theoretical Computer Science 81 (2003), URL: http://www.elsevier.nl/locate/entcs/volume81.html].

ბექგრაუნდი

1) **J. Lukasiewicz**, *O logice trjwartociowej*, Ruch lozo czny 5:170171 (1920) (in Polish). English translation: On three-valued logic, in L. Borkowski (ed.), Selected works by Jan Lukasiewicz, NorthHolland, Amsterdam, pp. 8788 (1970).

2) **J. Lukasiewicz, A. Tarski**, *Untersuchungen über den Aussagenkalkl*, Comp. Rend. Soc. Sci. et Lettres Varsovie Cl. III 23, 3050 (1930).

ბექგრაუნდი

1) **J. Lukasiewicz**, *O logice trjwartociowej*, Ruch lozo czny 5:170171 (1920) (in Polish). English translation: On three-valued logic, in L. Borkowski (ed.), Selected works by Jan Lukasiewicz, NorthHolland, Amsterdam, pp. 8788 (1970).

2) **J. Lukasiewicz, A. Tarski**, *Untersuchungen über den Aussagenkalkl*, Comp. Rend. Soc. Sci. et Lettres Varsovie Cl. III 23, 3050 (1930).

3) **Р. Григолия**, *«Алгебраический анализ n-значной логической системы Лукасевича-Тарского"*,Труды Тбилисского университета, A 6-7 (149-150) (1973)

[English translation:. R. Grigolia, *Algebraic analysis of Lukasiewicz-Tarski n-valued logical systems*, Selected papers on Lukasiewicz Sentential Calculi, Wroclaw, 81-91 (1977)

ბექგრაუნდი

1) **J. Lukasiewicz**, *O logice trjwartociowej*, Ruch lozo czny 5:170171 (1920) (in Polish). English translation: On three-valued logic, in L. Borkowski (ed.), Selected works by Jan Lukasiewicz, NorthHolland, Amsterdam, pp. 8788 (1970).

2) **J. Lukasiewicz, A. Tarski**, *Untersuchungen über den Aussagenkalkul*, Comp. Rend. Soc. Sci. et Lettres Varsovie Cl. III 23, 3050 (1930).

3) **Р. Григолия**, *«Алгебраический анализ n-значной логической системы Лукасевича-Тарского"*,Труды Тбилисского университета, А 6-7 (149-150) (1973)

[English translation:. R. Grigolia, *Algebraic analysis of Lukasiewicz-Tarski n-valued logical systems*, Selected papers on Lukasiewicz

Sentential Calculi, Wroclaw, 81-91 (1977)

4) **A. Di Nola, R. Grigolia, N. Mitskevich**, *Multimodal epistemic Lukasiewicz logics with application in immune system*, Soft Computing, Volume 19, Issue 11 (2015), pp. 3341-3351

ბექგრაუნდი

- First Salerno -Tbilisi Workshop
  On Modeling in Mathematics,
  University of Salerno,
  February 24-26 2014.

- Second Salerno -Tbilisi Workshop
  On Modeling in Mathematics,
  Tbilisi State University,
  March 16-19, 2015

იმუნური სისტემა

ჩვენი კვლევა ეხება მათემატიკური ობიექტების - მათემატიკური ლოგიკური სისტემების და მათი სემანტიკის - რელაციური და ალგებრული სისტემების შესწავლას იმუნური სისტემისთვის გამოსაყენებლად.

თავის მხრივ იმუნური სისტემა შედგება სპეციალური ტიპის უჯრედებისგან - *T უჯრედებისგან, კარგად განსწავლულ და ჭკვიან უჯრედებისგან,* რომლებიც ურთიერთქმედებაშია, რომლეთა ქცევა დამოკიდებულია ამ ურთიერთქმედებზე.

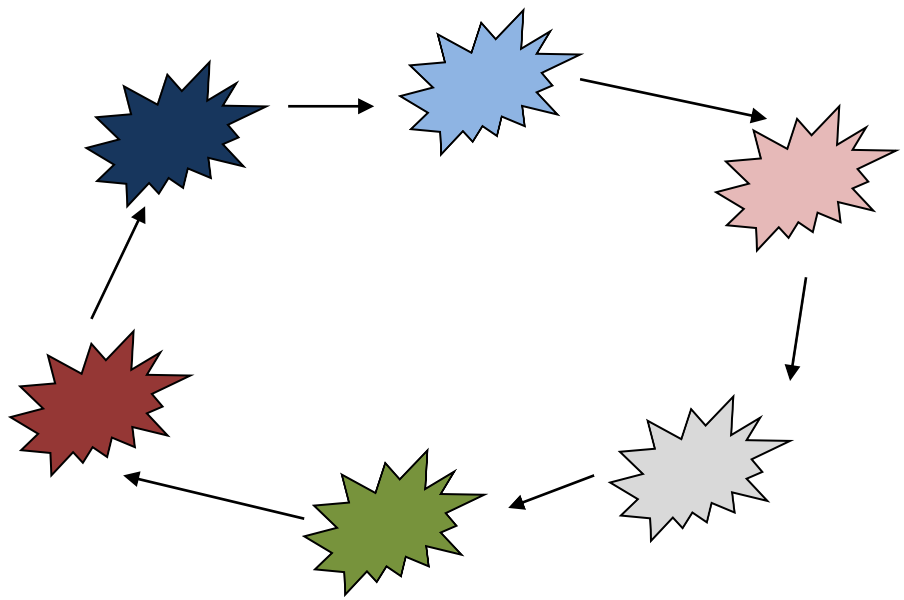
იმუნური სისტემა

იმუნური სისტემა ***ImS*** *წარმოადგენს* ***T*** *უჯრედების სიმრავლეს და მათ ელემენტებს შორის ურთიერთქმედებების ერთობლიობას.*

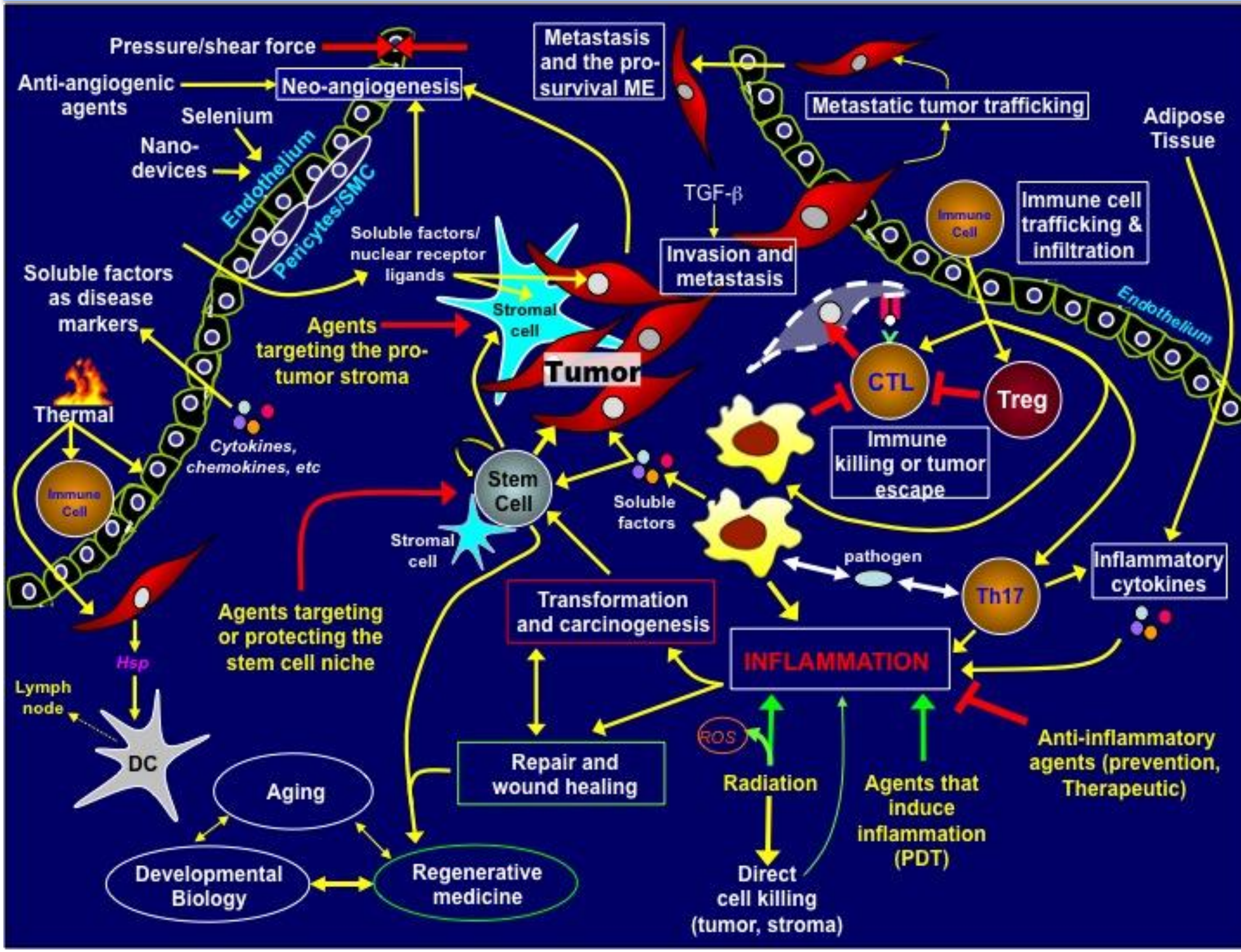
გავაიგივებთ რა ***T*** უჯრედებს აგენტებთან (ან შესაძლო სამყაროსთან) და ქმედებებს ***T*** უჯრედებს შორის მიმართებებთან აგენტებს შორის ჩვენ შეგვიძლია წარმოვადგინოთ იმუნური სისტემა ***ImS*** როგორც რელაციური სისტემა.

T უჯრედი

ნებისმიერი *T უჯრედი* შეიძლება აქტივირებულ იქნას რაიმე შესავალი სიგნალით. უფრო მეტი, ნებისმიერმა *T უჯრედმა* შესაძლოა იცოდეს, რომ რომელიღაც *T უჯრედი აქტივირებულია, ან არ არის აქტივირებული, ან არ იცოდეს T უჯრედი აქტივირებულია თუ არა.*



იმუნური სისტემა



მოდელირება

მათემატიკური ობიექტები	ბიოლოგიური ობიექტები
ლოგიკა (აქსიომატიკური ფორმალური სისტემა)	იმუნური სისტემა:
ალგებრა	რელაციური ბიოლოგია
რელაციური სისტემა (კრიპკეს მოდელი)	T უჯრედები თავისი მიმართებებით

სამნიშნა ლუკასევიჩის ლოგიკა

სამნიშნა ლუკასევიჩის ლოგიკის $Ł_3$ ენა შეიცავს ლოგიკურ კავშირებს: &, $\rightarrow$, $\neg$.
ამ კავშირების საშუალებით გამოისახება დანარჩენი კავშირები: $\vee$, $\wedge$, $\underline{\vee}$, $\perp$

$Ł_3$ -ის აქსიომები

(L1) $\varphi \rightarrow (\psi \rightarrow \varphi)$

(L2) $(\varphi \rightarrow \psi) \rightarrow ((\psi \rightarrow \chi) \rightarrow (\varphi \rightarrow \chi))$,

(L3) $(\neg\varphi \rightarrow \neg\psi) \rightarrow (\psi \rightarrow \varphi)$,

(L4) $((\varphi \rightarrow \psi) \rightarrow \psi) \rightarrow ((\psi \rightarrow \varphi) \rightarrow \varphi)$.

(L5) $(\varphi \,\&\, \varphi) \rightarrow (\varphi \,\&\, \varphi \,\&\, \varphi)$

სამნიშნა ლუკასევიჩის ლოგიკა

$Ł_3$ ლოგიკის ალგებრულ მოდელს წარმოადგენს MV_3 –ალგებრა

$$S_2 = (\{0, ½, 1\}, \oplus, \otimes, \neg, 0, 1),$$

სადაც

$x \oplus y = \min(1, x + y),$

$x \otimes y = \max(0, x + y - 1),$

$x \Rightarrow y = \min(1, 1 - x + y),$

$\neg x = 1 - x.$

სამნიშნა მულტიმოდალური ეპისტემიკური ლუკასევიჩის ლოგიკა

ჩვენს მიერ ჩამოყალიბებულია ახალი ლოგიკური სისტემა - მულტიმოდალური ეპისტემიკური ლუკასევიჩის ლოგიკა ***Eł***$_3$**(*n*)**, მულტიმოდალური ეპისტემიკური ლუკასევიჩის ლოგიკა ***Eł***$_3^{\Box}$**(*n*),** რომელიც მიღებულია ***Eł***$_3$**(*n*)**-დან გლობალური "*ცოდნის ოპერატორის*" □ დამატებით.

ლოგიკა ***Eł***$_3$**(*n*)** მიღებულია სამნიშნა ლუკასევიჩის ლოგიკა ***ł***$_3$ -დან ***n*** `*ცოდნის ოპერატორების*' დამატებით და შესაბამისი აქსიომებით.

სამნიშნა მულტიმოდალური ეპისტემიკური ლუკასევიჩის ლოგიკა

ცოდნის ოპერატორები ინტერპრეტირებულია შემდეგნაირად:

- $\Box_i$ α - “აგენტმა *i*-მ იცის წინადადება α ";
- $\Diamond_i$ α - " აგენტმა *i*-მ არ იცის, რომ წინადადება α არის მცდარი".

პროპოზიციული შეფასება

არის ჰომომორფიზმი $e: F \to S_2$ ფორმულათა ალგებრიდან ალგებრა S_2-ში, ე. ი., ასახვა *e* ფორმულათა სიმრავლიდან {0, ½,1} -ში ისეთი, რომ

- $e(\alpha \& \beta) = e(\alpha) \otimes e(\beta)$,
- $e(\alpha \to \beta) = e(\alpha) \Rightarrow e(\beta)$,
- $e(\neg\alpha) = \neg e(\alpha)$,
- $e(\perp) = 0$,
- $e(c) = ½$.

სამნიშნა კრიპკეს ფრეიმი i აგენტისთვის

არის წყვილი $\mathcal{J}_i = (W_i, R_i)$, $i = 1, \ldots, n$, რომელიც შედგება ელემენტთა არაცარიელი სიმრავლე W_i -გან, რომლებსაც უწოდებენ i აგენტების მდგომარეობას (ან i აგენტების შესაძლო სამყაროებს); $R_i \subset W_i \times W_i$ არის ბინარული *რეფლექსური* და *ტრანზიტული* მიმართება W_i -ზე (რომელსაც უწოდებენ i აგენტისთვის *წვდომადობის მიმართებას*).

სამნიშნა კრიპკეს ფრეიმი

სამნიშნა კრიპკეს მოდელი i აგენტისთვის

არის წყვილი $\mathcal{M}_i = (\mathcal{J}_i, e_i)$, $i = 1, \ldots ,n$, სადაც $\mathcal{J}_i = (W_i,R_i)$ არის კრიპკეს ფრეიმი i აგენტისთვის და $e_i : \mathrm{Var} \times W_i \to S_2$ არის ფუნქცია, რომელსაც უწოდებენ *შეფასებას i აგენტისთვის*, რომელიც ასახავს ყოველ პროპოზიციულ ცვლადს $p \in \mathrm{Var}$ და შესაძლო სამყაროს $w \in W_i$ ჭეშმარიტობის მნიშვნელობებზე S_2-დან, $i = 1, \ldots ,n$, ისეთი, რომ თუ $e_i(p,w) = 1$ და $(w,w_0) \in R_i$, მაშინ $e_i(p,w_0) = 1$.

სამნიშნა კრიპკეს ფრეიმი

თუ φ პროპოზიციული ფორმულაა $Ł_3$-დან, მაშინ $e_i(\varphi, w) \in S_2$ არის პროპოზიციული შეფასება i აგენტის-თვის; თუ φ მოდალური ფორმულაა, მაშინ

$$e_i(\Diamond_i\varphi, w) = \bigvee\{e_i(\Diamond_i\varphi, w'): (w,w')\in R_i\};$$

$$e_i(\Box_i\varphi, w) = \bigwedge\{e_i(\Box_i\varphi, w'): (w,w')\in R_i\}$$

ნებისმიერი $w \in W_i$, $i = 1, \dots, n$.

სამნიშნა კრიპკეს ფრეიმი

მოდალურ ფორმულა φ-ს ეწოდება *მოდალურად ზოგადმართებული* *i* *აგენტისთვის* , როცა მისი შეფასება უდრის 1 ყველა კრიპკეს მოდელში *i* აგენტისთვის.

მოდალურ ფორმულა φ-ს ეწოდება *მოდალურად ზოგადმართებული* , როცა მისი შეფასება უდრის 1 ყველა კრიპკეს მოდელში ყველა *i* აგენტისთვის.

სამნიშნა დესკრიპტიული კრიპკეს ფრეიმი

არის წყვილი $\mathcal{J} = (W,R)$, $W = \{W_1, \ldots ,W_n\}$ სადაც არის n აგენტთა სიმრავლე (ან შესაძლო სამყაროების); $R \subset W \times W$ არის ბინარული რეფლექსური და ტრანზიტული მიმართება W -ზე (წვდომადობის მიმართება $i(= W_i)$ აგენტებს შორის).

სამნიშნა კრიპკეს ფრეიმი

სამნიშნა დესკრიპტიული კრიპკეს გლობალური მოდელი

არის სამეული $\mathfrak{M} = (W, R, e)$, სადაც

$W = \{W_1, \ldots, W_n\}$ არის n აგენტთა სიმრავლე;
$R \subset W \times W$ არის ბინარული მიმართება W-ზე;

$e(\varphi, W_i) = \bigwedge \{e_i(\varphi, W_i) : w \in W_i,\ e_i : \mathrm{V\,ar} \times W_i \to S_2\}$,

$e(\Box\varphi, W_i) = \bigwedge \{e(\varphi, W_j) : (W_i, W_j) \in R\}$,

$e(\Diamond\varphi, W_i) = \bigvee \{e(\varphi, W_j) : (W_i, W_j) \in R\}$.

სამნიშნა მულტიმოდალური ეპისტემიკური ლუკასევიჩის ლოგიკა

- მოდალურ ფორმულა φ-ის ეწოდება გლობალურად მოდალურად ზოგადმართებული, თუ მისი შეფასება 1-ის ტოლია ყველა კრიპკეს მოდელებში ყოველი $i \in \{1, \dots, n\}$ აგენტისთვის.
- ჩვენ ვაფართოვებთ $E\text{Ł}_3(n)$-ის ენას ორი უნარული მოდალური ოპერატორით ◇ და □. მოდალურ ფორმულა φ-ის ეწოდება გლობალურად მოდალურად ზოგადმართებული, თუ მისი შეფასება 1-ის ტოლია ყველა დესკრიპტიულ კრიპკეს მოდელებში.

სამნიშნა მულტიმოდალური ეპისტემიკური ლუკასევიჩის ლოგიკა

$E Ł_3(n)$-ის აქსიომატიკა მიიღება $Ł_3$-ის აქსიომებს დამატებული შემდეგი აქსიომები:

1) $\Box_i \varphi \to \varphi$, $i = 1, \ldots, n$,
2) $\Box_i \varphi \to \Box_i \Box_i \varphi$, $i = 1, \ldots, n$,
3) $\Box_i (\varphi \wedge \psi) \leftrightarrow (\Box_i \varphi \wedge \Box_i \psi)$, $i = 1, \ldots, n$,
4) $\Box_i (\varphi \,\&\, \varphi) \leftrightarrow (\Box_i \varphi \,\&\, \Box_i \varphi)$, $i = 1, \ldots, n$,
5) $\Box_i (\varphi \veebar \varphi) \leftrightarrow (\Box_i \varphi \veebar \Box_i \varphi)$, $i = 1, \ldots, n$,
6) $\Diamond_i \varphi \to \Box_i \Diamond_i \varphi$, $i = 1, \ldots, n$,
7) $\Box_i (\varphi \to \psi) \to (\Box_i \varphi \to \Box_i \psi)$, $i = 1, \ldots, n$,

გამოყვანის წესები: $\varphi, \varphi \to \psi / \psi$, $\varphi / \Box_i \varphi$, $i = 1, \ldots, n$.

სამნიშნა მულტიმოდალური ეპისტემიკური ლუკასევიჩის ლოგიკა

$E{Ł}^{\Box}_3(n)$-ის აქსიომატიკა მიიღება $Ł_3$-ის აქსიომებს დამატებული შემდეგი აქსიომები

1) $\Box_i\varphi \to \varphi$, $i = 1, \ldots, n$,
2) $\Box_i\varphi \to \Box_i\Box_i\varphi$, $i = 1, \ldots, n$,
3) $\Box_i(\varphi \wedge \psi) \leftrightarrow (\Box_i \varphi \wedge \Box_i \psi)$, $i = 1, \ldots, n$,
4) $\Box_i(\varphi \,\&\, \varphi) \leftrightarrow (\Box_i \varphi \,\&\, \Box_i \varphi)$, $i = 1, \ldots, n$,
5) $\Box_i(\varphi \veebar \varphi) \leftrightarrow (\Box_i \varphi \veebar \Box_i \varphi)$, $i = 1, \ldots, n$,

6) $\Box\varphi \leftrightarrow \bigwedge^n{}_{i=1}\Box_i\varphi$,
7) $\Diamond_i\varphi \to \Box_i\Diamond_i\varphi$, $i = 1, \ldots, n$,
8) $\Box_i(\varphi \to \psi) \to (\Box_i \varphi \to \Box_i \psi)$, $i = 1, \ldots, n$,
9) $\Box(\varphi \to \psi) \to (\Box \varphi \to \Box \psi)$,

გამოყვანის წესები: $\varphi, \varphi \to \psi / \psi$, $\varphi / \Box\varphi$.

სამნიშნა მულტიმოდალური ეპისტემიკური ლუკასევიჩის ლოგიკა

შემდგომში $\Delta \in \{\Box, \Box_1, \ldots, \Box_n\}$.

$E\text{Ł}_3(n)$ ($E\text{Ł}^{\Box}{}_3(n)$) -სათვის ჩვენ გვაქვს დედუქციის თეორემის შემდეგი ვარიანტი :

თეორემა 1. Γ *იყოს ფორმულათა რაღაც სიმრავლე და დავუშვათ, რომ* φ *და* ψ *ფორმულებია. მაშინ*

$\Gamma \cup \{\varphi\} \vdash \psi$ *მაშინ და მხოლოდ მაშინ, როცა არსებობს ისეთი* m, *რომ* $\Gamma \cup \{\varphi\} \vdash (\Delta\varphi)^m \to \psi$ *(სადაც* $(\Delta\varphi)^m$ *არის* $\Delta\varphi \,\&\, \ldots \,\&\, \Delta\varphi$, m *ჯერ).*

- **თეორემა 2.** (EŁ$_3(n)$ (EŁ$^{□}{}_3(n)$)-ის თავსებადობა). EŁ$_3(n)$ (EŁ$^{□}{}_3(n)$)-ის *ნებისმიერი თეორემა არის (გლობალურად) მოდალურად ზოგადმართებული.*

- **თეორემა 2.** ($E\L_3(n)$ ($E\L^{\square}_3(n)$)-ის თავსებადობა). $E\L_3(n)$ ($E\L^{\square}_3(n)$) *-ის ნებისმიერი თეორემა არის (გლობალურად) მოდალურად ზოგადმართებული.*

- **თეორემა 3.** ($E\L_3(n)$ ($E\L^{\square}_3(n)$)-ის სისრულე) $E\L_3(n)$ ($E\L^{\square}_3(n)$)-ის *ნებისმიერი (გლობალურად) მოდალურად ზოგადმართებული ფორმულა არის* $E\L_3(n)$ ($E\L^{\square}_3(n)$)*-ის თეორემა.*

იმუნური სისტემა

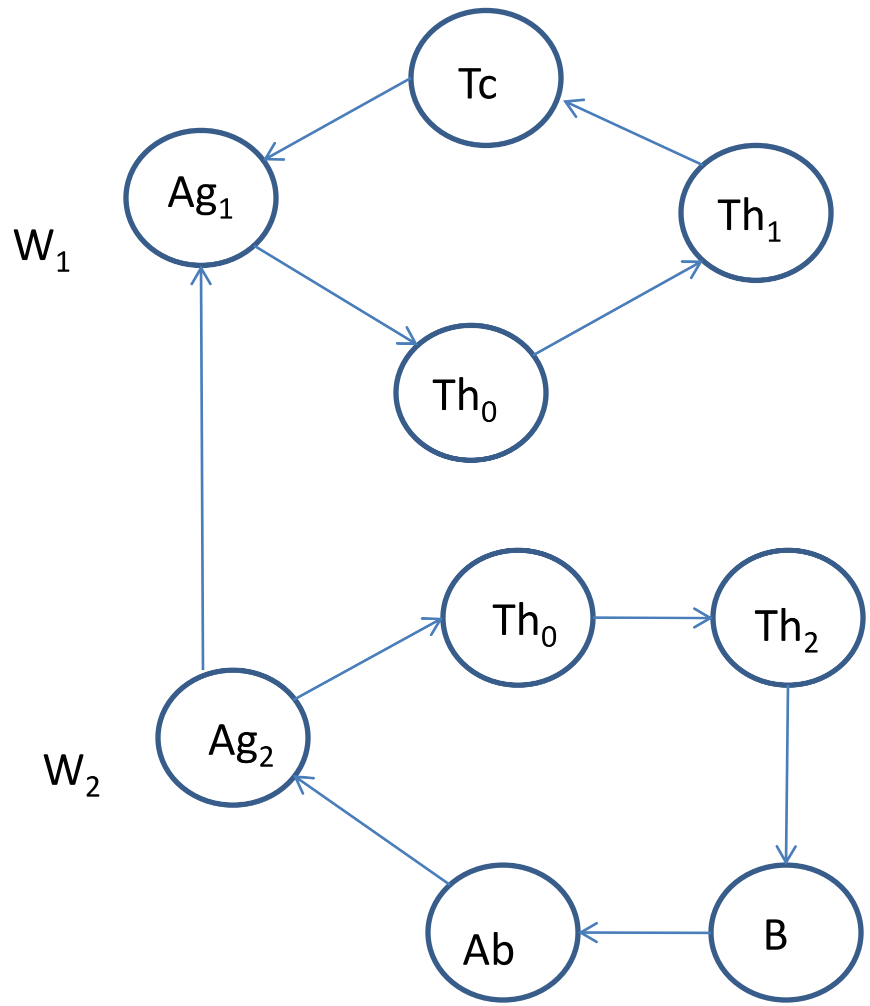
იმუნური სისტემა წარმოადგენს ბიოლოგიური სტრუქტურებისა და პროცესების ერთობლიობას, რომელიც უზრუნველყოფს ორგანიზმის დაცვას სხვადასხვა ტიპის დამზიანებლებისგან. იმუნური სისტემის კორექტული ფუნქციონირება ნიშნავს ზუსტად განისაზღვროს თუ რა ტიპისაა დამაზიანებელი. ის შესაძლოა იყოს პათოგენი ფართო სპექტრით (ვირუსიდან პარაზიტებამდე) ან საკუთარი ორგანიზმის გადაგვარებული უჯრედები.

იმუნური სისტემა მოიცავს ქვესისტემებს, როგორიცაა - თანდაყოლილი (არასპეციფიური) და შეძენილი (სპეციფიური) სისტემები. ასევე იმუნური პასუხი შესაძლოა განხორციელდეს ორი ვარიანტით: ანტისხეულდამოკიდებული და უჯრედებით განპირობებული, რომლებიც ასევე შესაძლოა ქვესისტემებად იყოს განხილული.

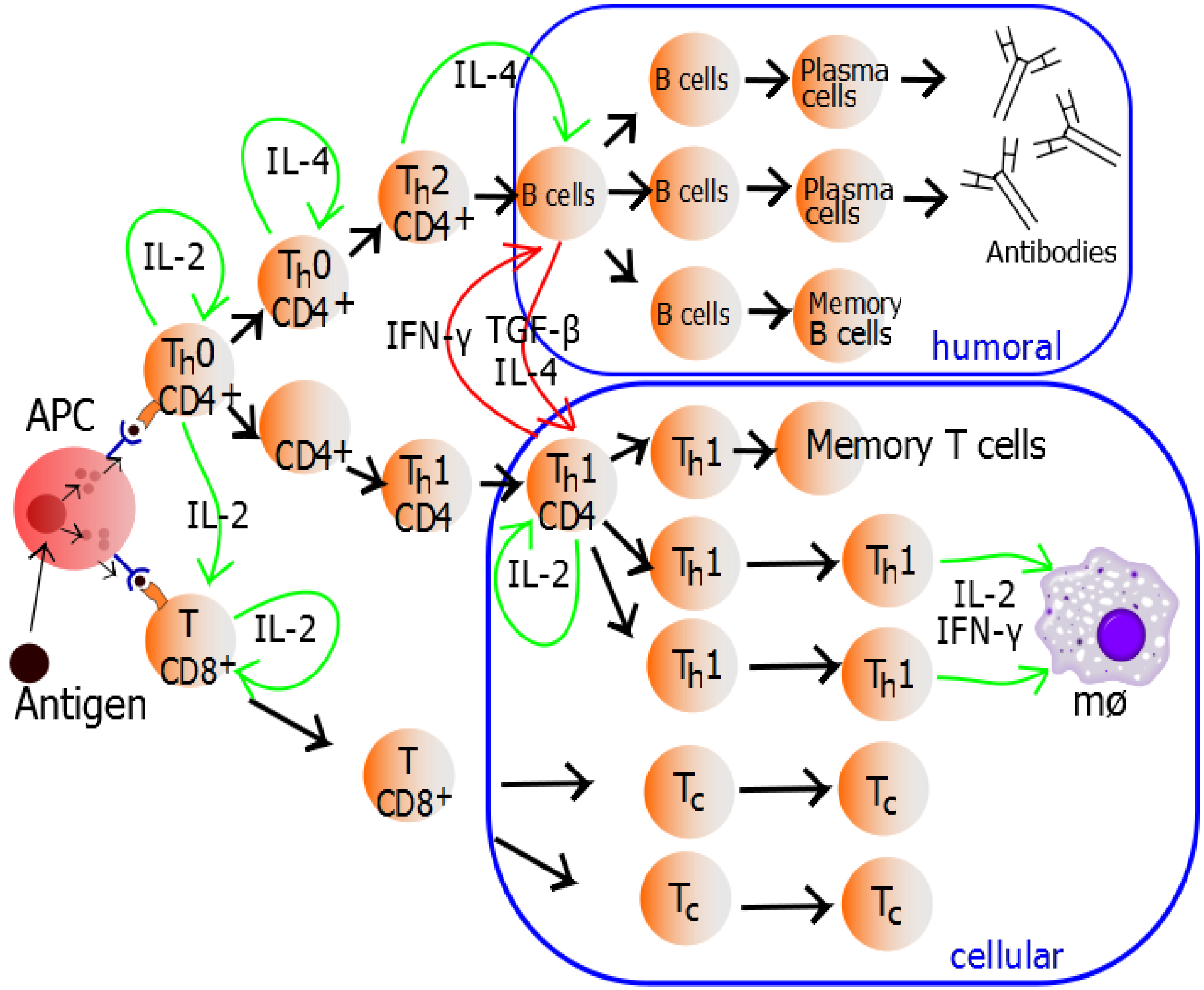
იმუნური სისტემის კომპონენტებს წარმოადგენენ სხავასხვა ტიპის უჯრედები. მათ შორის ყველაზე მთავარი T და B ლიმფოციტებია.

T ლიმფოციტებს (*T cells)*, მათი მნიშვნელობის გამო, იმუნური პასუხის დირიჟორებს უწოდებენ. T ლიმფოციტები წარმოადგენენ განსხვავებული ფუნქციის T უჯრედული ქსელების ერთობლიობას, რომელიც ასევე ქვესისტემებად შეგვიძლია განვიხილოთ:

1) T ჰელპერები (Th), 2) T ციტოტოქსიურები (Tc), 3) T მეხსიერების (Tm), 4) T რეგულატორული (Treg), 5) T ნატურალური კილერები(NKT), 6) T მუკოზასთან ასოცირებული (T_MALT) უჯრედები.


Tc
Ag1
Th1
W1
Th0
Th0
Th2
Ag2
W2
Ab
B

იმუნური სისტემა



Th1/Th2 Model for helper T cells. An antigen is ingested and processed by an APC. It presents fragments from it to T cells. The upper, Th0, is a T helper cell. The fragment is presented to it by MHC2. IFN-γ, interferon γ; TGF-β, transforming growth factor β; mø, macrophage; IL-2, interleukin 2; IL-4, interleukin 4

იმუნური სისტემა

(გლობალური) იმუნური სისტემა *ImS* *არის T უჯრედების და უჯრედებს შორის რაღაც ქმედებების სიმრავლე.*

ვაიგივებთ რა *T უჯრედებს აგენტებთან და ქმედებებს T უჯრედებს შორის მიმართებებთან აგენტებს შორის ჩვენ შეგვიძლია წარმოვადგინოთ* (გლობალური) იმუნური სისტემა *ImS* *როგორც* (გლობალური) *სამნიშნა დესკრიპციული კრიპკეს ფრეიმი.*

იმუნური სისტემა

ვიტყვით, რომ $w \in W_i$ *აქტივირებულია* თუ $e_i(p,w) = 1$, *არ არის აქტივირებული,* თუ $e_i(p,w) = 0$, *არ არის ცნობილი w აქტივირებულია თუ არა,* თუ $e_i(p,w) = 1/2$.

მაშასადამე, რომელიღაც V შეფასებისათვის ჩვენ გვაქვს წერტილების სიმრავლე $\bigcup_{i=1}^{n} W_i$, ისეთი, რომ მათი ნაწილი არის აქტივი-რებული, ნაწილი არ არის აქტივირებული, ნაწილი არ არის ცნობილი აქტივირებულია თუ არა.

ფუნქციას

$$Es: \bigcup^{n}_{i=1} W_i \to S_2$$

ეწოდება *ეპისტემიკური მდგომარეობა*, თუ ნებისმიერი $w, w' \in W_i$ სრულდება

$$(w, w') \in R_i \Rightarrow (Es(w) = 1 \Rightarrow Es(w') = 1).$$

იმუნური სისტემა

დავუშვათ $e_i : Var \times W_i \to S_2$ არის შეფასაბება i აგენტისათვის, $i = 1, \ldots ,n$.

დავუშვათ $e : Var \times \bigcup^n{}_{i=1} W_i \to S_2$ არის $\bigcup^n{}_{i=1} W_i$ $(= W)$-ის შეფასება, ისეთ, რომ $e(p,w) = e_i(p,w)$ თუ $w \in W_i$.

ფორმულა φ განსაზღვრას ფუნქციას

$$S^e{}_\varphi(w) : \bigcup^n{}_{i=1} W_i \to S_2$$

ისეთი, რომ

$$S^e{}_\varphi(w) = e_i(\varphi,w),$$ სადაც $w \in W_i$.

იმუნური სისტემა

ვიტყვით, რომ ფორმულა *φ მონიშნულია* e *შეფასებით* თუ $S^e{}_\varphi(w)$ არის ეპისტემიკური ფუნქცია და აღვნიშნავთ ასეთი სახის ფუნქციას $ES^e{}_\varphi(w)$-ით. ***Act*** ტრანსფორმაციის პროცესს ერთი ეპისტემიკური ფუნქციიდან Es_1 მეორე ეპისტემიკური ფუნქციით Es_2 ვანიჭებთ "*φ -აქტივაციის*" სახელს.

მაშასადამე , *φ* ფორმულისათვის ეპისტემიკური მდგომარეობის ფუნქციის $Es^e{}_\varphi$ ტრანსფორმაციით $Es^{e'}{}_\varphi$ ეპისტემიკური მდგომარეობის ფუნქციით არის *φ -აქტივაცია* წერტილების $\bigcup^n_{i=1} W_i$ $(= W)$ სიმრავლიდან.

რელაციური სტრუქტურა

ჩვენ ავღწერეთ იმუნური სისტემა როგორც კრიპკეს ფრეიმი. ეს ნიშნავს კრიპკეს ფრეიმის საშუალებით აღიწერა იმუნური სისტემა როგორც რელაციური სისტემა.

ეპისტემიკური ასპექტი

იმუნური სისტემის მოცემული წარმოდგენა კარგავს ეპისტემიკურ ინფორმაციას იმუნურ სისტემაზე, ე. ი. არ არის წარმოდგენილი რომელიღაც ცოდნა W წერტილებზე. ამიტომ, რომ აღმოვაჩინოთ ასეთი ინფორმაცია ჩვენ შემოგვყავს იმუნური სისტემის ეპისტემიკური მდგომარეობის ცნება. ეს განხორციელებულია **Es** *ფუნქციის შემოღებით განსაზღვრულს ყველა შესაძლო სამყაროზე. ფუნქცია* **Es** *აკმაყოფილებს შესაფერის პირობებს, რომლებიც არსებითად თავსებადი პირობებია იმუნური სისტემის რელაციური სტრუქტურის მიმართ.*

შენიშვნები იმუნურ სისტემაზე როგორც რელაციურ სიტემას

ამ გზით ჩვენ გვექნება უფრო სრული ცოდნის წარმოდგენა იმუნურ სისტემაზე. მიზანშეწონილია ვიფიქროთ, რომ Es(w)-ეს მნიშვნელობების მისაღებად საჭიროა ჩატარდეს ლაბორატორიული სამუშაო.

ჩვენ ვგეგმავთ მათემატიკურად შევისწავლოთ ყველა ეპისტემიკური მდგომარეობების სიმრავლე. ჩვენი მიზანია დავეხმაროთ იმუნოლოგებს, რომ მათ იქონიონ ფორმალური და კანონიკური გზა იმუნური სისტემის შესაძლო ეპისტემიკური მდგომარეობების შესწავლისათვის.

შენიშვნები იმუნურ სისტემაზე როგორც რელაციურ სიტემას

*ღირებულია შევნიშნოთ, რომ ერთი ფორმულა φ არსებითად წარმოადგენს **ეპისტემიკური მდგომარეობების** სიმრავლეს, სინამდვილეში ყველა ასეთი მდგომარეობები განისაზღვრება S^{e}_{φ}-ით, როცა e ვარირებს ყველა შეფასებების სიმრავლეში. ამ გზით მოცემული ფორმულა წარმოადგენს იმუნური სისტემის **ეპისტემიკური მდგომარეობების** კოლექციას. ეს შესაძლოა წარმოადგენდეს შესაძლო სწავლის ინტერესს იმის შესამოწმებლათ შეგვიძლია თუ არა მოცემული **ეპისტემიკური მდგომარეობების** კოლექციით მოვიძიოთ ფორმულა, რომელიც წარმოადგენს ამ კოლექციას.*

დინამიკური ასპექტი

ჩვენ განვსაზღვრეთ ეპისტემიკური მდგომარეობე-ბის სიმრავლე თავისი მნიშვნელობებით იმავე სიმრავლეში. ეს არის გზა, რომ წარმოვადგინოთ შემდგომში, როგორ იცვლება ეპისტემიკური ინფორ-მაცია, ვთქვათ ექსპერიმენტი, რომელიც წარმოშობს ინფორმაციას ეპისტემიკური მნიშვნელობების შესახებ ყველა w *წერილზე. ფაქტების ცოდნა* **Act** *ფუნქციის შესახებ ნიშნავს ფაქტების ცოდნას იმუნური სისტემის ეპისტემიკური ვარიაციების შესახებ, და იმის შემოწმება შეიძლება თუ არა ეს ვარიაციები აღიწეროს ფორმულების საშუალებით.*

დასკვნა და პერსპექტივა

ჩვენ შემოვიღეთ ახალი ლოგიკური სისტემა - სამნიშნა მულტიმოდალური ეპისტემიკური ლუკასევიჩის ლოგიკა, რომლის ადეკვატური სემანტიკა წარმოადგენს სპეციალურ რელაციურ სისტემებს სამნიშნა დესკრიპციული კრიპკეს ფრეიმების სახელით.

უფრო მეტიც, ჩვენ წარმოვადგინეთ იმუნური სისტემა როგორც რელაციური სისტემა. უფრო ზუსტად, ჩვენ ვაჩვენეთ, რომ ზოგიერთი იმუნოლოგიური სისტემები, რომლებიც აღწერილია როგორც რელაციური სიტემები, არიან ჩვენს მიერ წარმოდგენილი ლოგიკის კრიპკეს მოდელები. ეს ნიშნავ, რომ თეორემები ჩვენს ლოგიკაში არიან ჭეშმარიტები იმუნური სისტემის მოდელში და ჩვენ შეგვიძლია დავსვათ პრობლემა (ჰიპოთეზა) მოდელის მიმართ, რომელიც მოცემულ მომენტში არ არის ნათელი (იმუნური) მეცნიერებისთვის, და დავამტკიცოთ ის როგორც თეორემა, ან უარვყოთ ის.

მადლობა ყურადღებისთვის