

Модификационные исчисления

Проблемы и перспективы

Cognitive Reasoning: A Formal Approach

COGNITIVE TECHNOLOGIES

The series Cognitive Technologies encompasses artificial intelligence with its main subfields such as natural language processing, high-level computer vision, cognitive robotics, automated reasoning, multiagent systems, symbolic learning theories and practice, and knowledge representation, as well as related areas such as cognitive science, artificial life, the semantic web, and intelligent tutoring systems.

The series includes textbooks for undergraduate and graduate courses, and monographs and multiauthor anthologies for advanced postgraduates, academic researchers, and professional specialists.

Anshakov · Gergely

Oleg Anshakov
Tamás Gergely

Anshakov · Gergely
Cognitive Reasoning



Cognitive Reasoning

Cognitive Reasoning

A Formal Approach



springer.com

Springer

В книге предлагается общий подход (общая схема) для исследования когнитивных рассуждений. Этот подход рассматривается в книге на трех уровнях абстракции:

- 1 концептуальном,
- 2 формальном,
- 3 реализационном.

Cognitive Reasoning (CR) Framework

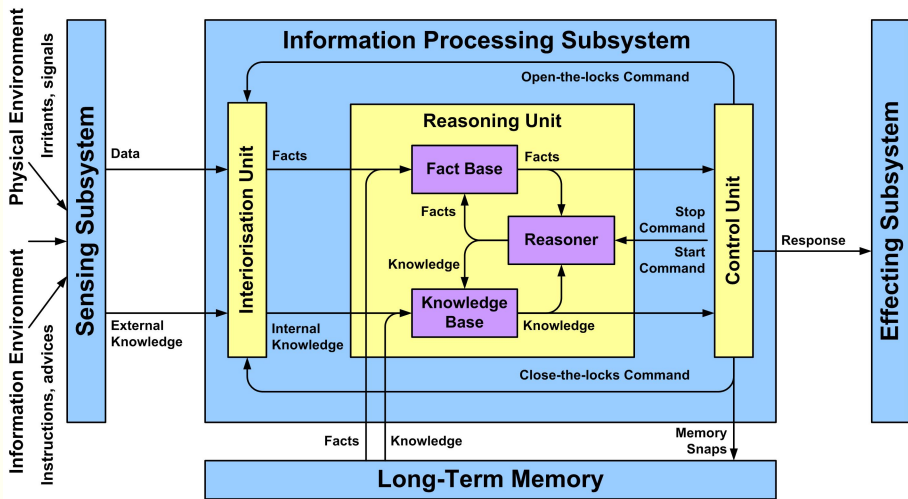
Conceptual CR Framework

Formal CR Framework

CR Platform

Познающий агент

Cognizing Agent



Open cognitive (quasi-axiomatic) theory

Modification theory

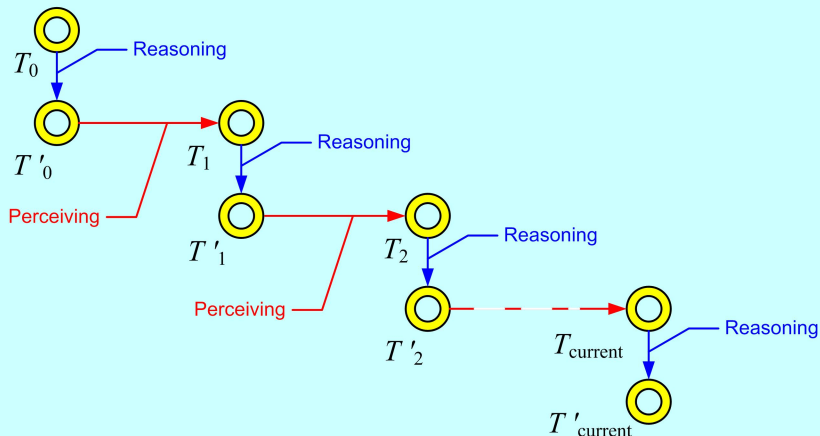
Modification calculus

Non-logical axioms

Strategy of knowledge acquisition by interaction
with environment and other agents

Открытая когнитивная теория

Open Cognitive Theories



Формальная схема когнитивных рассуждений

описывает математическую модель работы блока рассуждений, начиная от запуска рассуждателя до его остановки.

Эта математическая модель основана на неклассических логиках, названных чистыми J-логиками (pure J logics) или PJ-логиками. Класс PJ-логик является подклассом класса J-определимых J-компактных логик, рассмотренных в работе

Anshakov O.M., Finn V.K., Skvortsov D.P. On axiomatization of many-valued logics associated with formalization of plausible reasoning. *Studia Logica*. 1989. Vol. 48. N 4. P. 423–447.

В книге определены исчисления для двух важных подклассов класса PJ-логик: класса конечных (конечнозначных) PJ-логик (FPJ-логик) и класса их (бесконечнозначных) итеративных версий. Для этих исчислений в книге **доказаны теоремы о корректности и о полноте**.

Важной особенностью PJ-логик является их двусортность. Эти логики имеют два сорта истинностных значений:

- внешние истинностные значения (обычные *“истина”* и *“ложь”*), которые используются при описании *“теоретического уровня знаний”*,
- внутренние истинностные значения — значения для *“эмпирического уровня знаний”*, которыми означивают результаты наблюдений, экспериментов и недостоверных рассуждений.

PJ-логики не содержат логических связок, относительно которых множество внутренних истинностных значений \mathcal{V}^I было бы замкнутым.

Алгебра PJ-логики содержит только классические логические связки на множестве внешних истинностных значений

$$\mathcal{V}^E = \{t, f\}$$

и J-операторы. Каждый J-оператор — это отображение

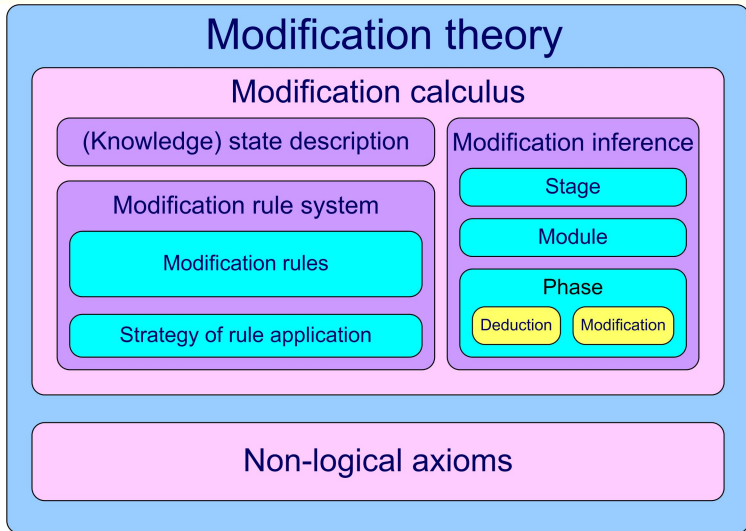
$$J: \mathcal{V}^I \rightarrow \mathcal{V}^E.$$

В рамках формальной схемы когнитивных рассуждений определяется некоторый тип исчислений, названных в книге *модификационными*. Главной особенностью модификационных исчислений является наличие *правил модификации*. Эти правила не только добавляют заключения, но и изменяют (модифицируют) посылки.

Интересным эффектом модификационных исчислений является возможность *временной противоречивости*. Из-за применения недостоверных правил в процессе вывода может возникнуть противоречие, которое затем с помощью модификации посылок может быть устранено.

Добавляя к модификационным исчислениям нелогические аксиомы можно получить так называемые *модификационные теории*.

В качестве примеров модификационных теорий в книге рассматриваются *ДСМ-теории* (JSM theories), которые являются нестандартными интерпретациями различных вариантов ДСМ-метода.



Множества истинностных значений

$$\mathcal{V}^E = \{t, f\}; \quad \mathcal{V}^I = \{?, !\}.$$

Множества истинностных значений

$$\mathcal{V}^E = \{t, f\}; \quad \mathcal{V}^I = \{?, !\}.$$

J-операторы

$$?\alpha = \begin{cases} t, & \alpha = ?, \\ f, & \alpha \neq ?, \end{cases} \quad !\alpha = \begin{cases} t, & \alpha = !, \\ f, & \alpha \neq !. \end{cases}$$

? — неизвестно (неопределено),
! — известно (определено).

Первый фрагмент базы фактов работа Мика

Предикат: в день ... событие ... произошло

... occurred		
Date	Phenomenon	Truth value

Первый фрагмент базы фактов работа Мика

Предикат: в день ... событие ... произошло

... occurred		
Date	Phenomenon	Truth value
08.01	Purple clouds	!
08.01	Storm	!

Первый фрагмент базы фактов работа Мика

Предикат: в день ... событие ... произошло

... occurred		
Date	Phenomenon	Truth value
08.01	Purple clouds	!
08.01	Storm	!
08.02	Large moon	!
08.02	Rising tide	!

Первый фрагмент базы фактов работа Мика

Предикат: в день ... событие ... произошло

... occurred		
Date	Phenomenon	Truth value
08.01	Purple clouds	!
08.01	Storm	!
08.02	Large moon	!
08.02	Rising tide	!
08.04	Purple clouds	!
08.04	Storm	!

Первый фрагмент базы фактов работа Мика

Предикат: в день ... событие ... произошло

... occurred		
Date	Phenomenon	Truth value
08.01	Purple clouds	!
08.01	Storm	!
08.02	Large moon	!
08.02	Rising tide	!
08.04	Purple clouds	!
08.04	Storm	!
08.05	Large moon	!
08.05	Rising tide	!

Первый фрагмент базы фактов работа Мика

Предикат: в день ... событие ... произошло

... occurred		
Date	Phenomenon	Truth value
08.01	Purple clouds	!
08.01	Storm	!
08.02	Large moon	!
08.02	Rising tide	!
08.04	Purple clouds	!
08.04	Storm	!
08.05	Large moon	!
08.05	Rising tide	!
08.07	Purple clouds	!
08.07	Storm	?

Первый фрагмент базы фактов работа Мика

Предикат: в день ... событие ... произошло

... occurred		
Date	Phenomenon	Truth value
08.01	Purple clouds	!
08.01	Storm	!
08.02	Large moon	!
08.02	Rising tide	!
08.04	Purple clouds	!
08.04	Storm	!
08.05	Large moon	!
08.05	Rising tide	!
08.07	Purple clouds	!
08.07	Storm	?

Второй фрагмент базы фактов работа Мика

Предикат: в день ... событие ... произошло после события ... в течении 30 минут

... occurred following ... within a short time interval

Date	Phenomenon	Phenomenon	Truth value
------	------------	------------	-------------

Второй фрагмент базы фактов работа Мика

Предикат: в день ... событие ... произошло после события ... в течении 30 минут

... occurred following ... within a short time interval

Date	Phenomenon	Phenomenon	Truth value
08.01	Purple clouds	Storm	!

Второй фрагмент базы фактов работа Мика

Предикат: в день ... событие ... произошло после события ... в течении 30 минут

... occurred following ... within a short time interval

Date	Phenomenon	Phenomenon	Truth value
08.01	Purple clouds	Storm	!
08.02	Large moon	Rising tide	!

Второй фрагмент базы фактов работа Мика

Предикат: в день ... событие ... произошло после события ... в течении 30 минут

... occurred following ... within a short time interval

Date	Phenomenon	Phenomenon	Truth value
08.01	Purple clouds	Storm	!
08.02	Large moon	Rising tide	!
08.04	Purple clouds	Storm	!

Второй фрагмент базы фактов работа Мика

Предикат: в день ... событие ... произошло после события ... в течении 30 минут

... occurred following ... within a short time interval

Date	Phenomenon	Phenomenon	Truth value
08.01	Purple clouds	Storm	!
08.02	Large moon	Rising tide	!
08.04	Purple clouds	Storm	!
08.05	Large moon	Rising tide	!

Второй фрагмент базы фактов работа Мика

Предикат: в день ... событие ... произошло после события ... в течении 30 минут

... occurred following ... within a short time interval

Date	Phenomenon	Phenomenon	Truth value
08.01	Purple clouds	Storm	!
08.02	Large moon	Rising tide	!
08.04	Purple clouds	Storm	!
08.05	Large moon	Rising tide	!
08.07	Purple clouds	Storm	?

Второй фрагмент базы фактов работа Мика

Предикат: в день ... событие ... произошло после события ... в течении 30 минут

... occurred following ... within a short time interval

Date	Phenomenon	Phenomenon	Truth value
08.01	Purple clouds	Storm	!
08.02	Large moon	Rising tide	!
08.04	Purple clouds	Storm	!
08.05	Large moon	Rising tide	!
08.07	Purple clouds	Storm	?

Наличие событий

$A(d, e)$ — “В день d произошло событие e ”.

Наличие событий

$A(d, e)$ — “В день d произошло событие e ”.

Последовательность событий

$F(d, e_1, e_2)$ — “В день d в течении 30 минут после события e_1 произошло событие e_2 ”.

Наличие событий

$A(d, e)$ — “В день d произошло событие e ”.

Последовательность событий

$F(d, e_1, e_2)$ — “В день d в течении 30 минут после события e_1 произошло событие e_2 ”.

Возможная причина

$C(e_1, e_2)$ — “ e_1 есть феноменологическая причина e_2 ”.

Индукция

$$\frac{?C(e_1, e_2), \exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F(d_1, e_1, e_2) \wedge !F(d_2, e_1, e_2))}{!C(e_1, e_2)}$$

Индукция

$$\frac{?C(e_1, e_2), \exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F(d_1, e_1, e_2) \wedge !F(d_2, e_1, e_2))}{!C(e_1, e_2)}$$

Предикция

$$\frac{?F(d, e_1, e_2), !A(d, e_1) \wedge !C(e_1, e_2)}{!F(d, e_1, e_2)}$$

$$\frac{?A(d, e_2), !A(d, e_1) \wedge !C(e_1, e_2)}{!A(d, e_2)}$$

Фрагмент базы знаний робота Мика

Предикат: событие ... есть феноменологическая причина события ...

... is the phenomenological cause of ...

Phenomenon

Phenomenon

Truth value

Фрагмент базы знаний робота Мика

Предикат: событие ... есть феноменологическая причина события ...

... is the phenomenological cause of ...		
Phenomenon	Phenomenon	Truth value
Purple clouds	Storm	?
Large moon	Rising tide	?

Фрагмент базы знаний робота Мика

Предикат: событие ... есть феноменологическая причина события ...

... is the phenomenological cause of ...		
Phenomenon	Phenomenon	Truth value
Purple clouds	Storm	?
Large moon	Rising tide	?

Сокращенная запись модификационного вывода

#	Formula	R	S	M	N
---	---------	---	---	---	---

Сокращенная запись модификационного вывода

#	Formula	R	S	M	N
1	08.01 \neq 08.04	Axiom	0	0	
2	08.02 \neq 08.05	Axiom	0	0	

Сокращенная запись модификационного вывода

#	Formula	R	S	M	N
1	08.01 \neq 08.04	Axiom	0	0	
2	08.02 \neq 08.05	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	

Сокращенная запись модификационного вывода

#	Formula	R	S	M	N
1	08.01 \neq 08.04	Axiom	0	0	
2	08.02 \neq 08.05	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	
5	!F (08.01, P, S) , !F (08.04, P, S)	Axiom	0	2	
6	!F (08.02, L, R) , !F (08.05, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (08.07, P, S)	Axiom	0	2	

Сокращенная запись модификационного вывода

#	Formula	R	S	M	N
1	08.01 \neq 08.04	Axiom	0	0	
2	08.02 \neq 08.05	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	
5	!F (08.01, P, S) , !F (08.04, P, S)	Axiom	0	2	
6	!F (08.02, L, R) , !F (08.05, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (08.07, P, S)	Axiom	0	2	
8	! A (08.07, P)	Axiom	0	3	
9	? A (08.07, S)	Axiom	0	3	

Сокращенная запись модификационного вывода

#	Formula	R	S	M	N
1	08.01 \neq 08.04	Axiom	0	0	
2	08.02 \neq 08.05	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	
5	!F (08.01, P, S) , !F (08.04, P, S)	Axiom	0	2	
6	!F (08.02, L, R) , !F (08.05, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (08.07, P, S)	Axiom	0	2	
8	! A (08.07, P)	Axiom	0	3	
9	? A (08.07, S)	Axiom	0	3	
10	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, P, S) \wedge !F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, L, R) \wedge !F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	

Сокращенная запись модификационного вывода

#	Formula	R	S	M	N
1	08.01 \neq 08.04	Axiom	0	0	
2	08.02 \neq 08.05	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	12
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	
5	! F (08.01, P, S) , ! F (08.04, P, S)	Axiom	0	2	
6	! F (08.02, L, R) , ! F (08.05, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (08.07, P, S)	Axiom	0	2	
8	! A (08.07, P)	Axiom	0	3	
9	? A (08.07, S)	Axiom	0	3	
10	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge ! F (d_1, P, S) \wedge ! F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge ! F (d_1, L, R) \wedge ! F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	
12	! C (P, S)	3, 10, I	1	1	

Сокращенная запись модификационного вывода

#	Formula	R	S	M	N
1	08.01 \neq 08.04	Axiom	0	0	
2	08.02 \neq 08.05	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	12
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	13
5	!F (08.01, P, S) , !F (08.04, P, S)	Axiom	0	2	
6	!F (08.02, L, R) , !F (08.05, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (08.07, P, S)	Axiom	0	2	
8	! A (08.07, P)	Axiom	0	3	
9	? A (08.07, S)	Axiom	0	3	
10	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, P, S) \wedge !F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, L, R) \wedge !F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	
12	!C (P, S)	3, 10, I	1	1	
13	!C (L, R)	4, 11, I	1	1	

Сокращенная запись модификационного вывода

#	Formula	R	S	M	N
1	08.01 \neq 08.04	Axiom	0	0	
2	08.02 \neq 08.05	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	12
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	13
5	!F (08.01, P, S) , !F (08.04, P, S)	Axiom	0	2	
6	!F (08.02, L, R) , !F (08.05, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (08.07, P, S)	Axiom	0	2	
8	! A (08.07, P)	Axiom	0	3	
9	? A (08.07, S)	Axiom	0	3	
10	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, P, S) \wedge !F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, L, R) \wedge !F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	
12	!C (P, S)	3, 10, I	1	1	
13	!C (L, R)	4, 11, I	1	1	
14	! A (08.07, P) \wedge !C (P, S)	8, 12, D	1	1	

Сокращенная запись модификационного вывода

#	Formula	R	S	M	N
1	08.01 \neq 08.04	Axiom	0	0	
2	08.02 \neq 08.05	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	12
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	13
5	!F (08.01, P, S) , !F (08.04, P, S)	Axiom	0	2	
6	!F (08.02, L, R) , !F (08.05, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (08.07, P, S)	Axiom	0	2	15
8	! A (08.07, P)	Axiom	0	3	
9	? A (08.07, S)	Axiom	0	3	
10	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, P, S) \wedge !F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, L, R) \wedge !F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	
12	!C (P, S)	3, 10, I	1	1	
13	!C (L, R)	4, 11, I	1	1	
14	! A (08.07, P) \wedge !C (P, S)	8, 12, D	1	1	
15	! F (08.07, P, S)	7, 14, P	1	2	

Сокращенная запись модификационного вывода

#	Formula	R	S	M	N
1	08.01 \neq 08.04	Axiom	0	0	
2	08.02 \neq 08.05	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	12
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	13
5	!F (08.01, P, S) , !F (08.04, P, S)	Axiom	0	2	
6	!F (08.02, L, R) , !F (08.05, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (08.07, P, S)	Axiom	0	2	15
8	! A (08.07, P)	Axiom	0	3	
9	? A (08.07, S)	Axiom	0	3	16
10	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, P, S) \wedge !F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, L, R) \wedge !F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	
12	! C (P, S)	3, 10, I	1	1	
13	! C (L, R)	4, 11, I	1	1	
14	! A (08.07, P) \wedge ! C (P, S)	8, 12, D	1	1	
15	! F (08.07, P, S)	7, 14, P	1	2	
16	! A (08.07, S)	9, 14, P	1	3	

Сокращенная запись модификационного вывода

#	Formula	R	S	M	N
1	08.01 \neq 08.04	Axiom	0	0	
2	08.02 \neq 08.05	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	12
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	13
5	!F (08.01, P, S) , !F (08.04, P, S)	Axiom	0	2	
6	!F (08.02, L, R) , !F (08.05, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (08.07, P, S)	Axiom	0	2	15
8	! A (08.07, P)	Axiom	0	3	
9	? A (08.07, S)	Axiom	0	3	16
10	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, P, S) \wedge !F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, L, R) \wedge !F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	
12	!C (P, S)	3, 10, I	1	1	
13	!C (L, R)	4, 11, I	1	1	
14	! A (08.07, P) \wedge !C (P, S)	8, 12, D	1	1	
15	!F (08.07, P, S)	7, 14, P	1	2	
16	! A (08.07, S)	9, 14, P	1	3	

Нелогическая аксиома

(ведет к появлению противоречия)

Нелогическая аксиома

$$\neg F(D7, P, S) \wedge \neg A(D7, P) \rightarrow \neg A(D7, S)$$

#	Formula	R	S	M	N
---	---------	---	---	---	---

#	Formula	R	S	M	N
1	$D1 \neq D4$	Axiom	0	0	
2	$D2 \neq D5$	Axiom	0	0	

#	Formula	R	S	M	N
1	$D1 \neq D4$	Axiom	0	0	
2	$D2 \neq D5$	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	

#	Formula	R	S	M	N
1	$D1 \neq D4$	Axiom	0	0	
2	$D2 \neq D5$	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	
5	$!F (D1, P, S) , !F (D4, P, S)$	Axiom	0	2	
6	$!F (D2, L, R) , !F (D5, L, R)$	Axiom	0	2	
7	? F (D7, P, S)	Axiom	0	2	

#	Formula	R	S	M	N
1	$D1 \neq D4$	Axiom	0	0	
2	$D2 \neq D5$	Axiom	0	0	
3	$? C (P, S)$	Axiom	0	1	
4	$? C (L, R)$	Axiom	0	1	
5	$!F (D1, P, S), !F (D4, P, S)$	Axiom	0	2	
6	$!F (D2, L, R), !F (D5, L, R)$	Axiom	0	2	
7	$? F (D7, P, S)$	Axiom	0	2	
8	$! A (D7, P)$	Axiom	0	3	
9	$? A (D7, S)$	Axiom	0	3	

#	Formula	R	S	M	N
1	$D1 \neq D4$	Axiom	0	0	
2	$D2 \neq D5$	Axiom	0	0	
3	$? C (P, S)$	Axiom	0	1	
4	$? C (L, R)$	Axiom	0	1	
5	$!F (D1, P, S) , !F (D4, P, S)$	Axiom	0	2	
6	$!F (D2, L, R) , !F (D5, L, R)$	Axiom	0	2	
7	$? F (D7, P, S)$	Axiom	0	2	
8	$! A (D7, P)$	Axiom	0	3	
9	$? A (D7, S)$	Axiom	0	3	
10	$! F (D7, P, S) \wedge ! A (D7, P) \rightarrow ! A (D7, S)$	QAxiom	0	3	

#	Formula	R	S	M	N
1	$D1 \neq D4$	Axiom	0	0	
2	$D2 \neq D5$	Axiom	0	0	
3	$? C (P, S)$	Axiom	0	1	
4	$? C (L, R)$	Axiom	0	1	
5	$!F (D1, P, S), !F (D4, P, S)$	Axiom	0	2	
6	$!F (D2, L, R), !F (D5, L, R)$	Axiom	0	2	
7	$? F (D7, P, S)$	Axiom	0	2	
8	$! A (D7, P)$	Axiom	0	3	
9	$? A (D7, S)$	Axiom	0	3	
10	$!F (D7, P, S) \wedge !A (D7, P) \rightarrow !A (D7, S)$	Q Axiom	0	3	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, P, S) \wedge !F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
12	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, L, R) \wedge !F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	

#	Formula	R	S	M	N
1	$D1 \neq D4$	Axiom	0	0	
2	$D2 \neq D5$	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	13
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	
5	! F (D1, P, S) , ! F (D4, P, S)	Axiom	0	2	
6	! F (D2, L, R) , ! F (D5, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (D7, P, S)	Axiom	0	2	
8	! A (D7, P)	Axiom	0	3	
9	? A (D7, S)	Axiom	0	3	
10	! F (D7, P, S) \wedge ! A (D7, P) \rightarrow ! A (D7, S)	Q Axiom	0	3	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge ! F (d_1, P, S) \wedge ! F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
12	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge ! F (d_1, L, R) \wedge ! F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	
13	! C (P, S)	3, 11, I	1	1	

#	Formula	R	S	M	N
1	$D1 \neq D4$	Axiom	0	0	
2	$D2 \neq D5$	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	13
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	14
5	! F (D1, P, S) , ! F (D4, P, S)	Axiom	0	2	
6	! F (D2, L, R) , ! F (D5, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (D7, P, S)	Axiom	0	2	
8	! A (D7, P)	Axiom	0	3	
9	? A (D7, S)	Axiom	0	3	
10	! F (D7, P, S) \wedge ! A (D7, P) \rightarrow ! A (D7, S)	Q Axiom	0	3	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge ! F (d_1, P, S) \wedge ! F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
12	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge ! F (d_1, L, R) \wedge ! F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	
13	! C (P, S)	3, 11, I	1	1	
14	! C (L, R)	4, 12, I	1	1	

#	Formula	R	S	M	N
1	$D1 \neq D4$	Axiom	0	0	
2	$D2 \neq D5$	Axiom	0	0	
3	$? C (P, S)$	Axiom	0	1	13
4	$? C (L, R)$	Axiom	0	1	14
5	$! F (D1, P, S), ! F (D4, P, S)$	Axiom	0	2	
6	$! F (D2, L, R), ! F (D5, L, R)$	Axiom	0	2	
7	$? F (D7, P, S)$	Axiom	0	2	
8	$! A (D7, P)$	Axiom	0	3	
9	$? A (D7, S)$	Axiom	0	3	
10	$! F (D7, P, S) \wedge ! A (D7, P) \rightarrow ! A (D7, S)$	Q Axiom	0	3	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge ! F (d_1, P, S) \wedge ! F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
12	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge ! F (d_1, L, R) \wedge ! F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	
13	$! C (P, S)$	3, 11, I	1	1	
14	$! C (L, R)$	4, 12, I	1	1	
15	$! A (D7, P) \wedge ! C (P, S)$	8, 13, D	1	1	

#	Formula	R	S	M	N
1	$D1 \neq D4$	Axiom	0	0	
2	$D2 \neq D5$	Axiom	0	0	
3	$? C (P, S)$	Axiom	0	1	13
4	$? C (L, R)$	Axiom	0	1	14
5	$! F (D1, P, S), ! F (D4, P, S)$	Axiom	0	2	
6	$! F (D2, L, R), ! F (D5, L, R)$	Axiom	0	2	
7	$? F (D7, P, S)$	Axiom	0	2	16
8	$! A (D7, P)$	Axiom	0	3	
9	$? A (D7, S)$	Axiom	0	3	
10	$! F (D7, P, S) \wedge ! A (D7, P) \rightarrow ! A (D7, S)$	QAxiom	0	3	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge ! F (d_1, P, S) \wedge ! F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
12	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge ! F (d_1, L, R) \wedge ! F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	
13	$! C (P, S)$	3, 11, I	1	1	
14	$! C (L, R)$	4, 12, I	1	1	
15	$! A (D7, P) \wedge ! C (P, S)$	8, 13, D	1	1	
16	$! F (D7, P, S)$	7, 15, P	1	2	

#	Formula	R	S	M	N
1	$D1 \neq D4$	Axiom	0	0	
2	$D2 \neq D5$	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	13
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	14
5	!F (D1, P, S) , !F (D4, P, S)	Axiom	0	2	
6	!F (D2, L, R) , !F (D5, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (D7, P, S)	Axiom	0	2	16
8	! A (D7, P)	Axiom	0	3	
9	? A (D7, S)	Axiom	0	3	
10	! F (D7, P, S) \wedge ! A (D7, P) \rightarrow ! A (D7, S)	Q Axiom	0	3	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, P, S) \wedge !F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
12	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, L, R) \wedge !F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	
13	! C (P, S)	3, 11, I	1	1	
14	! C (L, R)	4, 12, I	1	1	
15	! A (D7, P) \wedge ! C (P, S)	8, 13, D	1	1	
16	! F (D7, P, S)	7, 15, P	1	2	
17	! A (D7, S)	8,10,16,D	1	2	

#	Formula	R	S	M	N
1	$D1 \neq D4$	Axiom	0	0	
2	$D2 \neq D5$	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	13
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	14
5	!F (D1, P, S) , !F (D4, P, S)	Axiom	0	2	
6	!F (D2, L, R) , !F (D5, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (D7, P, S)	Axiom	0	2	16
8	! A (D7, P)	Axiom	0	3	
9	? A (D7, S)	Axiom	0	3	
10	! F (D7, P, S) \wedge ! A (D7, P) \rightarrow ! A (D7, S)	Q Axiom	0	3	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, P, S) \wedge !F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
12	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, L, R) \wedge !F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	
13	! C (P, S)	3, 11, I	1	1	
14	! C (L, R)	4, 12, I	1	1	
15	! A (D7, P) \wedge ! C (P, S)	8, 13, D	1	1	
16	! F (D7, P, S)	7, 15, P	1	2	
17	! A (D7, S)	8,10,16,D	1	2	
18	? A (D7, S) \wedge ! A (D7, S)	9, 17, D	1	2	

#	Formula	R	S	M	N
1	$D1 \neq D4$	Axiom	0	0	
2	$D2 \neq D5$	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	13
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	14
5	!F (D1, P, S) , !F (D4, P, S)	Axiom	0	2	
6	!F (D2, L, R) , !F (D5, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (D7, P, S)	Axiom	0	2	16
8	! A (D7, P)	Axiom	0	3	
9	? A (D7, S)	Axiom	0	3	19
10	!F (D7, P, S) \wedge ! A (D7, P) \rightarrow ! A (D7, S)	QAxiom	0	3	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, P, S) \wedge !F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
12	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, L, R) \wedge !F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	
13	! C (P, S)	3, 11, I	1	1	
14	! C (L, R)	4, 12, I	1	1	
15	! A (D7, P) \wedge ! C (P, S)	8, 13, D	1	1	
16	! F (D7, P, S)	7, 15, P	1	2	
17	! A (D7, S)	8,10,16,D	1	2	
18	? A (D7, S) \wedge ! A (D7, S)	9, 17, D	1	2	19
19	! A (D7, S)	9, 15, P	1	3	

#	Formula	R	S	M	N
1	$D1 \neq D4$	Axiom	0	0	
2	$D2 \neq D5$	Axiom	0	0	
3	? C (P, S)	Axiom	0	1	13
4	? C (L, R)	Axiom	0	1	14
5	!F (D1, P, S) , !F (D4, P, S)	Axiom	0	2	
6	!F (D2, L, R) , !F (D5, L, R)	Axiom	0	2	
7	? F (D7, P, S)	Axiom	0	2	16
8	! A (D7, P)	Axiom	0	3	
9	? A (D7, S)	Axiom	0	3	19
10	! F (D7, P, S) \wedge ! A (D7, P) \rightarrow ! A (D7, S)	Q Axiom	0	3	
11	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, P, S) \wedge !F (d_2, P, S))$	1, 5, D	1	0	
12	$\exists d_1 \exists d_2 (d_1 \neq d_2 \wedge !F (d_1, L, R) \wedge !F (d_2, L, R))$	2, 6, D	1	0	
13	! C (P, S)	3, 11, I	1	1	
14	! C (L, R)	4, 12, I	1	1	
15	! A (D7, P) \wedge ! C (P, S)	8, 13, D	1	1	
16	! F (D7, P, S)	7, 15, P	1	2	
17	! A (D7, S)	8,10,16,D	1	2	
18	? A (D7, S) \wedge ! A (D7, S)	9, 17, D	1	2	19
19	! A (D7, S)	9, 15, P	1	3	

Дальнейшее развитие модификационных исчислений с целью усиления их немонотонности

- 1 Определить модификационные исчисления с более широкими возможностями изменения истинностных значений внутренних предикатов.
- 2 Исследовать теоретико-модельные и теоретико-доказательственные свойства этих исчислений.
- 3 Исследовать возможность практического применения этих исчислений для построения познающих агентов.

Развитие логик с двумя или более сортами истинностных значений

- 1 Определить логики с более чем двумя сортами истинностных значений, чтобы рассмотреть различные типы неопределенностей.
- 2 Определить и исследовать континуум-значные логики для представления статистических соображений и моделирования нечеткостей.
- 3

Спасибо за внимание!