МЕТОДЫ И ТЕХНОЛОГИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

УДК 004.89 *Научная статья* DOI: 10.18287/2223-9537-2026-16-3-515-527

Интервальное представление истинности при информационном и нативном противоречиях

© 2026, Л.В. Аршинский[1]✉, В.Л. Аршинский[2], В.В. Тирских[1]

[1]*Иркутский государственный университет путей сообщения (ИрГУПС), Иркутск, Россия*

[2]*Иркутский национальный исследовательский технический университет (ИрНИТУ), Иркутск, Россия*

Аннотация

Рассмотрены вопросы интервального представления истинности при информационном и нативном противоречиях в логиках с векторной семантикой. Представлен расчёт интервальных значений для логических связок при обоих видах противоречия в этой семантике, обсуждены правила логического вывода *modus ponens* и *modus tollens*. Понятие нативного противоречия ориентировано скорее на физические, чем на информационные объекты, но формализм, разрабатываемый для нативного противоречия, может использоваться в системах поддержки принятия решений на основе знаний. Степени уверенности в истинности/ложности суждений в подобных системах часто задаются экспертно, поэтому для обработки интервальных значений истинности требуется соответствующий формализм. Дано интервальное представление истинности для трёх форм связок конъюнкции, дизъюнкции и двух форм связок отрицания. Обсуждаются особенности вывода с использованием правил *modus ponens* и *modus tollens* в интервальном представлении для информационного и нативного противоречий. Сделан вывод о пригодности предлагаемого формального аппарата для систем поддержки принятия решений, основанных на знаниях. В онтологическом моделировании формализм векторной семантики находит применение в условиях неполноты и противоречивости накопленной эмпирической информации.

Ключевые слова: *логики с векторной семантикой, интервальная истинность, информационное противоречие, нативное противоречие, логические связки, логический вывод.*

Цитирование: *Аршинский Л.В., Аршинский В.Л., Тирских В.В*. Интервальное представление истинности при информационном и нативном противоречиях. *Онтология проектирования*. 2026. Т.16, №3(61). С.515-527. DOI: 10.18287/2223-9537-2026-16-3-515-527.

Вклад авторов: *Аршинский Л.В.* – разработка концепции и формального аппарата*; Аршинский В.Л.* – подготовка расчётных примеров*; Тирских В.В.* – анализ и верификация результатов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение

В [1] введены понятие нативного противоречия и основанные на нём третьи формы конъюнкции и дизъюнкции (*нативная конъюнкция* и *нативная дизъюнкция*) для векторных логик с семантикой, когда вектор истинности содержит два компонента – Истина и Ложь:

$$||a|| = \langle a^+; a^- \rangle, \qquad (1)$$

где позитивный компонент a^+ характеризует степень истинности, а негативный a^- – ложности суждения; $a^+, a^- \in [0,1]$.

Выражение (1) предназначено для случаев, когда имеются взаимоисключающие свидетельства *за* и *против* суждения [2, 3]. Если нет оснований считать суждение безусловно истинным либо ложным, то комплекс свидетельств приводит к *информационному* противоре-

чию [1]. Построенный на его основе аппарат находит применение в онтологическом анализе (см., например, [4-7]). В [1] сделано предположение, что может существовать такой вид противоречия, когда представленный выражением (1) объект находится в двух взаимоисключающих состояниях в силу своей природы. Тогда утверждение о его пребывании в соответствующем состоянии истинно и ложно совместно, а противоречие имманентно объекту. Такое противоречие названо *нативным* и приведены примеры соответствующего объекта [8, 9].

На этой основе в [1] введены связки нативной конъюнкции и нативной дизъюнкции. Нативная конъюнкция:

$$||a\&_n b|| = \langle a^+ \bullet b^+;\ a^+ \bullet b^- \oplus a^- \bullet b^+ \oplus a^- \bullet b^- \rangle; \qquad (2)$$

нативная дизъюнкция:

$$||a \vee_n b|| = \langle a^+ \bullet b^+ \oplus a^+ \bullet b^- \oplus a^- \bullet b^+;\ a^- \bullet b^- \rangle. \qquad (3)$$

Здесь $\bullet$ и $\oplus$ – триангулированные норма (*t*-норма) и ко-норма (*s*-норма) в инфиксной записи, дополненные свойством: $1-x \bullet y = (1-x) \oplus (1-y)$, или, что аналогично: $1-x \oplus y = (1-x) \bullet (1-y)$, где $x, y \in [0,1]$. Общий смысл обеих связок виден из (2) и (3), если $\bullet$ рассматривать как логическое умножение, а $\oplus$ как логическое сложение на отрезке [0,1]. В онтологическом анализе используются нормы $x \bullet y = xy$ и $x \oplus y = \min(1, x+y)$ [4, 7].

Цель данной работы состоит в том, чтобы показать возможность и допустимость применения связок (2) и (3) для работы с информационным противоречием, используемым в онтологиях и системах логического вывода на основе продукций [4-7, 10].

1 Логический вывод при информационном противоречии

Векторные логики с семантикой предназначены для случаев, когда приходится принимать решения в условиях противоречия в поступающих данных. Частью процедуры принятия решения в этих условиях может быть логический вывод на основе одного из двух вариантов правила *modus ponens* (MP): *нестрогого* (Н-MP) и *содержательного* (С-MP) [2, 3]. Здесь рассматривается содержательный вариант MP, который позволяет рассчитывать истинность заключения на основе истинности посылок.

Выражения для расчёта истинности соответствующих логических связок при информационном противоречии имеют вид [2, 3]:

$||a\&b|| = \langle a^+ \bullet b^+;\ a^- \oplus b^- \rangle$ (01-композиция); $||a \vee b|| = \langle a^+ \oplus b^+;\ a^- \bullet b^- \rangle$ (10-композиция) – первые формы конъюнкции и дизъюнкции;

$||a\&_2 b|| = \langle a^+ \bullet b^+;\ a^- \bullet b^- \rangle$ (00-композиция); $||a \vee_2 b|| = \langle a^+ \oplus b^+;\ a^- \oplus b^- \rangle$ (11-композиция) – вторые формы конъюнкции и дизъюнкции;

$||\neg a|| = \langle a^-;\ a^+ \rangle$ – первая форма отрицания (отрицание в форме перестановки);

$||\sim a|| = \langle 1-a^+;\ 1-a^- \rangle$ – вторая форма отрицания (отрицание в форме дополнения).

Первые формы формализуют обычные естественно-языковые связки И, ИЛИ и НЕ. Вторые применяются, например, для объединения свидетельств [10] (типовая процедура в правдоподобном выводе [11]).

Представления связок, подобные первым формам, рассматриваются в нейтрософской логике [12, 13] и интуиционистских нечётких множествах [14, 15].

Вывод по правилу С-MP имеет вид:

$$a,\ a \to b \vdash b:\ ||b|| = ||a\&a \to b|| \div ||\mathbf{И}||. \qquad (4)$$

Через двоеточие указана схема расчёта истинности заключения на основе истинности посылок. Здесь **И** – *строгая истина* с вектором $||\mathbf{И}|| = \langle 1;\ 0 \rangle$; $||a\&a \to b|| = \langle a^+ \bullet i^+;\ a^- \oplus i^- \rangle$, где $i \equiv a \to b$. Запись (4) означает, что истинность b принимает интервальное значение в том смысле, что его «+» (Истина) и «–» (Ложь) – компоненты, принадлежащие интервалам:

$$||b|| = \langle a^+ \bullet i^+;\ a^- \oplus i^- \rangle \div \langle 1;0 \rangle = \langle [a^+ \bullet i^+,\ 1];\ [0,\ a^- \oplus i^-] \rangle. \quad (5)$$

Символ «÷» разделяет векторы, определяющие интервальные границы $||b||$ (левый верхний и правый нижний углы области $||b||$ соответственно, см. рисунок 1).

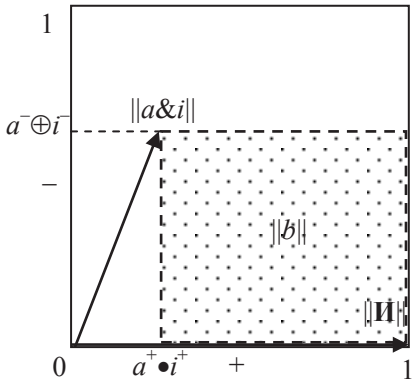

Рисунок 1 – Значение истинности заключения согласно (4)

Выражения (4) и (5) отражают тот факт, что b может быть следствием не только a, а потому вектор $||a\&a \to b|| = \langle a^+ \bullet i^+;\ a^- \oplus i^- \rangle$ – это своего рода наименьшая (в смысле *отношения правдоподобия* [2, 3]) гарантированная истинность b, которая может реализоваться и по другим причинам. Этот диапазон является достаточно широким, поэтому в [16] описан уточнённый вариант С-МР, названный С-МР2. Суженный диапазон значений в нём получается из тех соображений, что наименьшее гарантированное значение истинности отрицания $\neg b$ при наличии a можно принять равным $||\neg b|| = ||a\&\neg i||$ (a реализуется, но не влечёт b), тогда истинность b в смысле отношения правдоподобия не может превосходить $||b|| = ||\neg a \vee i||$. Таким образом:

$$a,\ a \to b \vdash b\colon ||b|| = ||a\&i|| \div ||\neg a \vee i||. \quad (6)$$

Или, в интервальном представлении:

$$||b|| = \langle a^+ \bullet i^+;\ a^- \oplus i^- \rangle \div \langle a^- \oplus i^+;\ a^+ \bullet i^- \rangle = \langle [a^+ \bullet i^+,\ a^- \oplus i^+];\ [a^+ \bullet i^-, a^- \oplus i^-] \rangle. \quad (7)$$

Вариант С-МР2 целесообразно использовать в системах поддержки принятия решений (СППР) при информационном противоречии.

Содержательный modus tollens (С-МТ) существует также в двух вариантах: С-МТ и С-МТ2, которые характеризуются интервальной истинностью заключения.

Учитывая, что вывод в СППР может быть многошаговым, интервальный характер истинности заключения включает вывод при интервальной истинности посылок. Обращение к интервальному представлению – известный приём при дефиците и/или противоречивости информации [17-19]. При этом для [17] обозначена проблема экспоненциально роста объёма вычислений с увеличением числа гипотез из т.н. «множества окружения», что ограничивает применимость метода. В интервальном вероятностном и интервальном нечётком выводах существует необходимость совместного учёта дефицита и противоречивости информации, что объясняется фундаментальной значимостью уравнения баланса истинности: $a^+ + a^- = 1$ ($p_a + p_{\neg a} = 1$ для вероятностей). Это не позволяет полноценно учитывать совместное влияние дефицита и противоречивости данных. Векторное представление истинности не имеет таких ограничений и в этом смысле привносит в формализацию новое качество.

2 Логический вывод при интервальных значениях истинности

Использование интервальной истинности включает вычисление соответствующих интервалов для сложных посылок со связками конъюнкции, дизъюнкции и отрицания, а также для заключения.

Пусть имеются два интервала $[x_1, x_2]$, $[y_1, y_2] \subseteq [0, 1]$. Тогда произведением $\bullet$ этих интервалов является интервал:

$$[x_1, x_2] \bullet [y_1, y_2] = [x_1 \bullet y_1,\ x_2 \bullet y_2]; \quad (8)$$

суммой $\oplus$ интервалов является интервал:

$$[x_1, x_2] \oplus [y_1, y_2] = [x_1 \oplus y_1,\ x_2 \oplus y_2]. \quad (9)$$

Это позволяет определить интервальные значения для первой и второй форм конъюнкции и дизъюнкции. Так, если $||a|| = ||a||_1 \div ||a||_2 = \langle [a_1^+, a_2^+]; [a_2^-, a_1^-] \rangle$ и
$||b|| = ||b||_1 \div ||b||_2 = \langle [b_1^+, b_2^+]; [b_2^-, b_1^-] \rangle$, то первая и вторая формы связок конъюнкции и дизъюнкции имеют вид [16]:

$$||a\&b|| = \langle [a_1^+ \bullet b_1^+, a_2^+ \bullet b_2^+]; [a_2^- \oplus b_2^-, a_1^- \oplus b_1^-] \rangle; \quad (10)$$

$$||a \vee b|| = \langle [a_1^+ \oplus b_1^+, a_2^+ \oplus b_2^+]; [a_2^- \bullet b_2^-, a_1^- \bullet b_1^-] \rangle; \quad (11)$$

$$||a \&_2 b|| = \langle [a_1^+ \bullet b_1^+, a_2^+ \bullet b_2^+]; [a_2^- \bullet b_2^-, a_1^- \bullet b_1^-] \rangle;$$

$$||a \vee_2 b|| = \langle [a_1^+ \oplus b_1^+, a_2^+ \oplus b_2^+]; [a_2^- \oplus b_2^-, a_1^- \oplus b_1^-] \rangle. \quad (12)$$

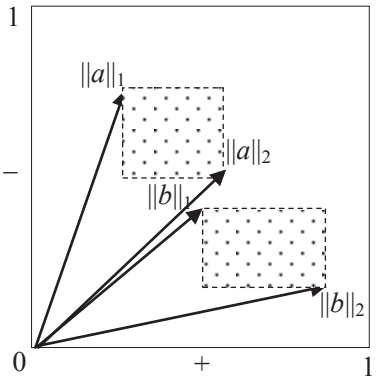

Рисунок 2 – Интервальное представление истинности для векторов $||a||=||a||_1 \div ||a||_2$ и $||b||=||b||_1 \div ||b||_2$.

Здесь a_1^+ и a_2^- – левые, а a_2^+ и a_1^- – правые границы интервалов истинности позитивного и негативного компонентов для $||a||$, задаваемые векторами $||a||_1$ и $||a||_2$. Аналогично для $||b||$ (рисунок 2).

Интервальное представление отрицаний имеет вид [16]:

$$||\neg a|| = \langle [a_2^-, a_1^-]; [a_1^+, a_2^+] \rangle; \quad (13)$$

$$||\sim a|| = \langle [(1-a_2^+), (1-a_1^+)]; [(1-a_1^-), (1-a_2^-)] \rangle.$$

Это позволяет рассчитывать интервальные истинности сложных посылок, а также истинность заключения. Для определения истинности заключения сначала рассматривается более простой вариант правила С-МР. Пусть истинность малой посылки равна: $||a|| = \langle [a_1^+, a_2^+]; [a_2^-, a_1^-] \rangle$, а истинность большой: $||a \to b|| = \langle [i_1^+, i_2^+]; [i_2^-, i_1^-] \rangle$.

Тогда из (4) и (10) следует

$$||b|| = \langle [a_1^+ \bullet i_1^+, a_2^+ \bullet i_2^+]; [a_2^- \oplus i_2^-, a_1^- \oplus i_1^-] \rangle \div \langle [1, 1]; [0, 0] \rangle.$$

Или (что то же самое) $||b|| = \langle [a_1^+ \bullet i_1^+, 1]; [0, a_1^- \oplus i_1^-] \rangle$.

Учитывая (10), (11), (13), можно записать:

$$||a\&i|| = \langle [a_1^+ \bullet i_1^+, a_2^+ \bullet i_2^+]; [a_2^- \oplus i_2^-, a_1^- \oplus i_1^-] \rangle;$$

$$||\neg a \vee i|| = \langle [a_2^- \oplus i_1^+, a_1^- \oplus i_2^+]; [a_1^+ \bullet i_2^-, a_2^+ \bullet i_1^-] \rangle.$$

В результате правило (6) примет вид:

$a, a \to b \vdash b$:0 $||b|| = \langle [a_1^+ \bullet i_1^+, a_2^+ \bullet i_2^+]; [a_2^- \oplus i_2^-, a_1^- \oplus i_1^-] \rangle \div \langle [a_2^- \oplus i_1^+, a_1^- \oplus i_2^+]; [a_1^+ \bullet i_2^-, a_2^+ \bullet i_1^-] \rangle$;
или:

$$||b|| = \langle [a_1^+ \bullet i_1^+, a_1^- \oplus i_2^+]; [a_1^+ \bullet i_2^-, a_1^- \oplus i_1^-] \rangle. \quad (14)$$

Границы интервалов для $||b||$ равны:

$$[b_1^+, b_2^+] = [\min(a_1^+ \bullet i_1^+, a_2^- \oplus i_1^+), \max(a_2^+ \bullet i_2^+, a_1^- \oplus i_2^+)] = [a_1^+ \bullet i_1^+, a_1^- \oplus i_2^+]; \quad (15)$$

$$[b_2^-, b_1^-] = [\min(a_2^- \oplus i_2^-, a_1^+ \bullet i_2^-), \max(a_1^- \oplus i_1^-, a_2^+ \bullet i_1^-)] = [a_1^+ \bullet i_2^-, a_1^- \oplus i_1^-]. \quad (16)$$

Здесь учтено известное обстоятельство:

$$x \bullet y \le x \le x \oplus y. \quad (17)$$

Интервальный вариант правила С-МТ для первой формы отрицания, как наиболее подходящей для моделирования связки НЕ при нативном противоречии, имеет вид:

$$\neg b, a \to b \vdash \neg a: ||\neg a|| = ||\neg b \& a \to b|| \div \langle 1; 0 \rangle = \langle [b^- \bullet i^+, 1]; [0, b^+ \oplus i^-] \rangle.$$

В виде С-МТ2:

$$\neg b, a \to b \vdash \neg a: ||\neg a|| = ||\neg b \& a \to b|| \div ||b \vee a \to b|| = \langle [b_2^- \bullet i_1^+, b_2^+ \oplus i_2^+]; [b_2^- \bullet i_2^-, b_2^+ \oplus i_1^-] \rangle. \quad (18)$$

Соответственно, с учётом (12): для С-МТ $||a|| = \langle [0, b^+ \oplus i^-]; [b^- \bullet i^+, 1] \rangle$; и для С-МТ2

$$||a|| = \langle [b_2^- \bullet i_2^-, b_2^+ \oplus i_1^-]; [b_2^- \bullet i_1^+, b_2^+ \oplus i_2^+] \rangle. \quad (19)$$

3 Логический вывод при нативном противоречии

Интервалы истинности для $a\&_n b$ и $a\vee_n b$ определяются соответствующими интервалами для a и b. Левая граница интервалов для $\&_n$ и $\vee_n$ при этом формируется левыми границами интервалов a и b, а правая – правыми. Принимая во внимание (8) и (9), для третьей формы конъюнкции получается:

$$\|a\&_n b\| = \langle [a_1^+ \bullet b_1^+,\ a_2^+ \bullet b_2^+];\ [a_1^+ \bullet b_2^- \oplus a_2^- \bullet b_1^+ \oplus a_2^- \bullet b_2^-,\ a_2^+ \bullet b_1^- \oplus a_1^- \bullet b_2^+ \oplus a_1^- \bullet b_1^-] \rangle. \quad (20)$$

Для третьей формы дизъюнкции:

$$\|a\vee_n b\| = \langle [a_1^+ \bullet b_1^+ \oplus a_1^+ \bullet b_2^- \oplus a_2^- \bullet b_1^+,\ a_2^+ \bullet b_2^+ \oplus a_2^+ \bullet b_1^- \oplus a_1^- \bullet b_2^+];\ [a_2^- \bullet b_2^-,\ a_1^- \bullet b_1^-] \rangle. \quad (21)$$

Эти выражения определяют интервальные значения истинности связок $\&_n$ и $\vee_n$ при нативном противоречии.

Правило С-МР. Интервальная истинность заключения для нативного противоречия при интервальных значениях истинности малой и большой посылок выводится следующим образом. По аналогии с (4) можно записать: $a,\ a\to b \vdash b$: $\|b\| = \|a\&_n\, a\to b\| \div \|\mathbf{И}\|$.

Полагая $\|a\to b\| = \langle [i_1^+, i_2^+];\ [i_2^-, i_1^-] \rangle$ и принимая во внимание (8) и (9), можно записать:

$a,\ a\to b \vdash b$: $\|b\| = \langle [a_1^+ \bullet i_1^+,\ a_2^+ \bullet i_2^+];\ [a_1^+ \bullet i_2^- \oplus a_2^- \bullet i_1^+ \oplus a_2^- \bullet i_2^-,\ a_2^+ \bullet i_1^- \oplus a_1^- \bullet i_2^+ \oplus a_1^- \bullet i_1^-] \rangle \div \langle 1;0 \rangle$;

или: $\|b\| = \langle [a_1^+ \bullet i_1^+,\ 1];\ [0,\ a_2^+ \bullet i_1^- \oplus a_1^- \bullet i_2^+ \oplus a_1^- \bullet i_1^-] \rangle$.

Правило С-МР2. Истинность заключения для этого случая получается так.

1) заменяются первые формы конъюнкции и дизъюнкции в (6) на третьи:

$$a,\ a\to b \vdash b\colon \|b\| = \|a\&_n\, i\| \div \|\neg a \vee_n i\|.$$

2) учитывая (13), (20) и (21), истинность b запишется как:

$$\|b\| = \langle [a_1^+ \bullet i_1^+,\ a_2^+ \bullet i_2^+];\ [a_1^+ \bullet i_2^- \oplus a_2^- \bullet i_1^+ \oplus a_2^- \bullet i_2^-,\ a_2^+ \bullet i_1^- \oplus a_1^- \bullet i_2^+ \oplus a_1^- \bullet i_1^-] \rangle \div$$
$$\langle [a_2^- \bullet i_1^+ \oplus a_2^- \bullet i_2^- \oplus a_1^+ \bullet i_1^+,\ a_1^- \bullet i_2^+ \oplus a_1^- \bullet i_1^- \oplus a_2^+ \bullet i_2^+];\ [a_1^+ \bullet i_2^-,\ a_2^+ \bullet i_1^-] \rangle.$$

3) аналогично (15), (16) и принимая во внимание (17), получается:

$$\|b\| = \langle [a_1^+ \bullet i_1^+,\ a_1^- \bullet i_2^+ \oplus a_1^- \bullet i_1^- \oplus a_2^+ \bullet i_2^+];\ [a_1^+ \bullet i_2^-,\ a_2^+ \bullet i_1^- \oplus a_1^- \bullet i_2^+ \oplus a_1^- \bullet i_1^-] \rangle. \quad (22)$$

Правило С-МТ. В [16] истинность заключения $\neg a$ при интервальных значениях истинности посылок представлена выражением: $\neg b,\ a\to b \vdash \neg a$: $\|\neg a\| = \|\neg b\&_n\, a\to b\| \div \langle 1;\ 0 \rangle$;

или (что то же самое): $\neg b,\ a\to b \vdash \neg a$: $\|\neg a\| = \langle [b_2^- \bullet i_1^+,1];\ [0,\ b_2^+ \oplus i_1^-] \rangle$.

С учётом (13) это означает, что истинность a, как заключения, в этом случае равна:

$$\|a\| = \langle [0,\ b_2^+ \oplus i_1^-],\ [b_2^- \bullet i_1^+,\ 1] \rangle.$$

Как и в случае С-МР, расчёт интервальной истинности заключения $\neg a$ следует из интервальных значений истинности малой и большой посылок. Значение $\|a\|$ после этого получается перестановкой позитивного и негативного компонентов согласно (13).

Правило С-МТ2. Чтобы определить интервальную истинность заключения по правилу С-МТ2 для нативных конъюнкции и дизъюнкции при интервальных значениях истинности посылок, можно записать (18) следующим образом:

$$\neg b,\ a\to b \vdash \neg a\colon \|\neg a\| = \|\neg b\&_n\, a\to b\| \div \|b\vee_n\, a\to b\|.$$

Принимая во внимание (13), (20) и (21), получается:

$$\|\neg a\| = \langle [b_2^- \bullet i_1^+,\ b_1^- \bullet i_2^+];\ [b_2^- \bullet i_2^- \oplus b_1^+ \bullet i_1^+ \oplus b_1^+ \bullet i_2^-,\ b_1^- \bullet i_1^- \oplus b_2^+ \bullet i_2^+ \oplus b_2^+ \bullet i_1^-] \rangle \div$$
$$\langle [b_1^+ \bullet i_1^+ \oplus b_1^+ \bullet i_2^- \oplus b_2^- \bullet i_1^+,\ b_2^+ \bullet i_2^+ \oplus b_2^+ \bullet i_1^- \oplus b_1^- \bullet i_2^+];\ [b_2^- \bullet i_2^-,\ b_1^- \bullet i_1^-] \rangle;$$

или $\|\neg a\| = \langle [b_2^- \bullet i_1^+,\ b_2^+ \bullet i_2^+ \oplus b_2^+ \bullet i_1^- \oplus b_1^- \bullet i_2^+];\ [b_2^- \bullet i_2^-,\ b_1^- \bullet i_1^- \oplus b_2^+ \bullet i_2^+ \oplus b_2^+ \bullet i_1^-] \rangle$.

Отсюда, учитывая (13), окончательно получается:

$$\|a\| = \langle [b_2^- \bullet i_2^-,\ b_1^- \bullet i_1^- \oplus b_2^+ \bullet i_2^+ \oplus b_2^+ \bullet i_1^-];\ [b_2^- \bullet i_1^+,\ b_2^+ \bullet i_2^+ \oplus b_2^+ \bullet i_1^- \oplus b_1^- \bullet i_2^+] \rangle. \quad (23)$$

4 Примеры расчёта

Результаты расчёта истинности заключения приведены для первой и третьей форм конъюнкции и дизъюнкции. В качестве правил вывода использованы С-МР2 и С-МТ2. Интервальные значения истинности малой и большой посылок определены в характерных областях вблизи точек **Л** = ⟨0; 1⟩ (строгая ложь), **И** = ⟨1; 0⟩ (строгая истина), **Н** = ⟨0; 0⟩ (неопределённость), **П** = ⟨1; 1⟩ (полное противоречие): ⟨[0, 0.5]; [0.5, 1]⟩ (Л), ⟨[0.5, 1]; [0, 0.5]⟩ (И), ⟨[0, 0.5]; [0, 0.5]⟩ (Н) и ⟨[0.5, 1]; [0.5, 1]⟩ (П). Для С-МР2 получены таблицы 1 и 2.

Таблица 1 – Интервальная истинность заключения по правилу С-МР2 для первой и третьей форм конъюнкции/дизъюнкции при x•y = min(x, y) и x⊕y = max(x, y) (значения над и под чертой, соответственно)

a→b / ***a***	⟨[0,0.5]; [0.5,1]⟩ Л	⟨[0.5,1]; [0,0.5]⟩ И	⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩ Н	⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩ П
⟨[0,0.5]; [0.5,1]⟩ Л	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,1]; [0,1]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,1]; [0,1]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,1]; [0,1]⟩
⟨[0.5,1]; [0,0.5]⟩ И	⟨[0,0.5]; [0.5,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0.5,1]⟩	⟨[0.5,1]; [0,0.5]⟩ ⟨[0.5,1]; [0,0.5]⟩	⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩ ⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩
⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩ Н	⟨[0,0.5]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0,1]; [0,0.5]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩
⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩ П	⟨[0,1]; [0.5,1]⟩ ⟨[0,1]; [0.5,1]⟩	⟨[0.5,1]; [0,1]⟩ ⟨[0.5,1]; [0,1]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩ ⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩

Таблица 2 – Интервальная истинность заключения по правилу С-МР2 для первой и третьей форм конъюнкции/дизъюнкции при x•y = xy и x⊕y = x+y– xy (значения над и под чертой, соответственно)

a→b / ***a***	⟨[0,0.5]; [0.5,1]⟩ Л	⟨[0.5,1]; [0,0.5]⟩ И	⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩ Н	⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩ П
⟨[0,0.5]; [0.5,1]⟩ Л	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0, 1]; [0, 1]⟩	⟨[0, 1]; [0,1]⟩ ⟨[0,81]; [0,81]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,1]; [0,1]⟩
⟨[0.5,1]; [0,0.5]⟩ И	⟨[0,0.5]; [0.5,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0.5,1]⟩	⟨[0.5,1]; [0,0.5]⟩ ⟨[0.5,1]; [0,0.5]⟩	⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩ ⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩
⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩ Н	⟨[0,0.5]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0,1]; [0,0.5]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩
⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩ П	⟨[0,1]; [0.5,1]⟩ ⟨[0,1]; [0.5,1]⟩	⟨[0.5,1]; [0,1]⟩ ⟨[0.5,1]; [0,1]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩ ⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩

Для С-МТ2 сформированы аналогичные таблицы 3 и 4.

Из таблиц видно, что обе формы связок (первая и третья) дают совпадающие или близкие результаты почти во всех случаях, кроме части области неопределённости Н в малой или большой посылках (фрагменты таблиц выделены). Особенностью третьих форм является то, что ослабление свидетельств за и против любой из посылок (приближение их к состоянию неопределённости ⟨0; 0⟩), ведёт к неопределённости заключения. Для практики это предпочтительно, поскольку нет необходимости отклонять слабо определённые (недостаточно аргументированные) посылки, что приходится делать при выводе на основе первых форм.

Изменения границ интервалов показали, что первая и третья формы начинают приводить к существенным различиям в результатах только для посылок, близких к неопределённости. Третьи формы, предложенные для нативного противоречия, *можно рекомендовать для работы и с противоречием информационным*! Например, для СППР, основанных на продукционной модели знаний, в условиях дефицита и противоречивости информации.

Таблица 3 – Интервальная истинность заключения по правилу С-МТ2 для первой и третьей форм конъюнкции/дизъюнкции при x•y = min(x, y) и x⊕y = max(x, y) (значения над и под чертой, соответственно)

a→b / *b*	⟨[0,0.5]; [0.5,1]⟩ Л	⟨[0.5,1]; [0,0.5]⟩ И	⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩ Н	⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩ П
⟨[0,0.5]; [0.5,1]⟩ Л	⟨[0.5,1]; [0,0.5]⟩ ⟨[0.5,1]; [0,0.5]⟩	⟨[0,0.5]; [0.5,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0.5,1]⟩	⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5⟩	⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩ ⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩
⟨[0.5,1]; [0,0.5]⟩ И	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,1]; [0,1]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,1]; [0,1]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,1]; [0,1]⟩
⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩ Н	⟨[0,1]; [0,0.5]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0,0.5]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩
⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩ П	⟨[0.5,1]; [0,1]⟩ ⟨[0.5,1]; [0,1]⟩	⟨[0,1]; [0.5,1]⟩ ⟨[0,1]; [0.5,1]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩	⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩ ⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩

Таблица 4 – Интервальная истинность заключения по правилу С-МТ2 для первой и третьей форм конъюнкции/дизъюнкции при $x•y = xy$ и $x⊕y = x+y- xy$ (значения над и под чертой, соответственно)

a→b / *b*	⟨[0, 0.5]; [0.5, 1]⟩ Л	⟨[0.5,1]; [0,0.5]⟩ И	⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩ Н	⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩ П
⟨[0,0.5]; [0.5,1]⟩ Л	⟨[0.25,1]; [0,0.75]⟩ ⟨[0.25,1]; [0,0.81]⟩	⟨[0,0.75]; [0.25,1]⟩ ⟨[0,0.81]; [0.25,1]⟩	⟨[0,0.75]; [0,0.75]⟩ ⟨[0,0.72]; [0,0.72]⟩	⟨[0.25,1]; [0.25,1]⟩ ⟨[0.25,1]; [0.25,1]⟩
⟨[0.5,1]; [0,0.5]⟩ И	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,1]; [0,1]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,1]; [0,1]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.81]; [0,0.81]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,1]; [0,1]⟩
⟨[0,0.5]; [0,0.5]⟩ Н	⟨[0,1]; [0,0.75]⟩ ⟨[0,0.81]; [0,0.72]⟩	⟨[0,0.75]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.72]; [0,0.81]⟩	⟨[0,0.75]; [0,0.75]⟩ ⟨[0,0.58]; [0,0.58]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.88]; [0,0.88]⟩
⟨[0.5,1]; [0.5,1]⟩ П	⟨[0.25,1]; [0,1]⟩ ⟨[0.25,1]; [0,1]⟩	⟨[0,1]; [0.25,1]⟩ ⟨[0,1]; [0.25,1]⟩	⟨[0,1]; [0,1]⟩ ⟨[0,0.88]; [0,0.88]⟩	⟨[0.25,1]; [0.25,1]⟩ ⟨[0.25,1]; [0.25,1]⟩

5 Реализация

Особенностью работы с продукционными системами знаний является рост объёма рассуждений в ходе диалога [20]. Для интервального присоединённого вывода это приводит к росту количества интервальных значений истинности, которые приходится обрабатывать. Для преодоления такого роста были предложены алгоритмы [20, 21], архитектура миварных баз знаний (БЗ) [22-24], принцип причинно-следственного упорядочения продукций в БЗ [10]. БЗ может быть представлена как ориентированный двухдольный граф с двумя типами вершин: вершины-факты V_F и вершины-правила V_R; двумя типами дуг: дуги C_{FR}, связывающие факты, входящие в антецедент правила, с соответствующим правилом; дуги C_{RF}, связывающие правило с фактами, формирующими его консеквент. Подобная БЗ – это двойка вида $O = \{V, C\}$, где $V = V_F \cup V_R$, $C = \{C_{FR}, C_{RF}\}$. Для вершин V_F входящая дуга всегда имеет тип C_{RF}, выходящая – тип C_{FR}. Для вершин V_R, наоборот, входящая дуга всегда относится к типу C_{FR}, выходящая – к типу C_{RF} (см. рисунок 3). Всякая вершина V_R всегда имеет входящие и выходящие дуги, а вершины V_F делятся на три класса:

1) вершины только с выходящими дугами C_{FR} (на рисунке 3 это S_1-S_7);
2) вершины только с входящими дугами C_{RF} (на рисунке 3 это T_1-T_3);
3) вершины с входящими и выходящими дугами C_{RF} и C_{FR} (на рисунке 3 это I_1-I_5).

Вершины первого типа – утверждения о фактах, истинность которых выясняется в диалоге с пользователем (стартовые факты). Вершины второго типа – факты-гипотезы, их истинность вычисляется в ходе вывода. Вершины третьего типа – промежуточные факты, связывающие стартовые факты с фактами-гипотезами при многошаговом выводе. Факты антецедента могут образовывать сложные выражения, включающие связки конъюнкции, дизъюнкции, отрицания и скобки. Консеквент может содержать конъюнкцию и отрицание.

Истинность антецедента и консеквента вычисляется согласно изложенному для каждого правила, в т.ч. с использованием процедуры объединения свидетельств (на рисунке 3 это вершины I_2, I_4) Объединение свидетельств при необходимости выполняется и для терминальных фактов-гипотез (на рисунке 3 это факт T_3).

Для упорядочение требуется специальная процедура. Алгоритм упорядочения основан на назначении вершинам из V_F и V_R рангов, начиная с некоторого минимального:

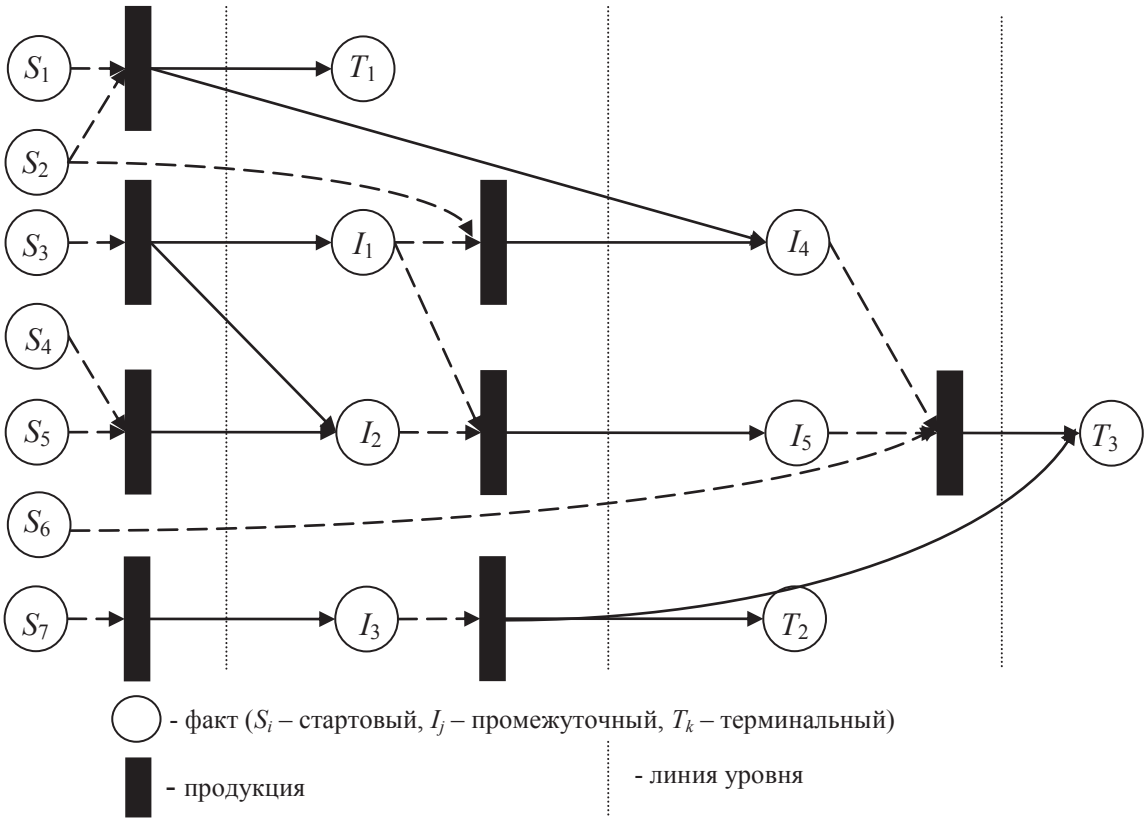

Рисунок 3 – Продукционная база знаний при причинно-следственном упорядочении

1) определяются минимальный (например, 0) и максимальный ранги.
2) вершинам-стартовым фактам назначается минимальный ранг $r(F) = 0$, ранги остальных вершин не определены. Считается, что в БЗ стартовые факты всегда имеются.
3) рассматриваются все продукционные правила и, если всем фактам антецедента некоторого правила R назначены ранги, правилу присваивается ранг $r(R)$, равный максимальному рангу: $r(R) = \mathbf{max}\{r(F_1), \ldots, r(F_{n(\mathrm{R})})\}$, где $F_1, \ldots, F_{n(\mathrm{R})}$ – факты антецедента R.
4) если правило R имеет ранг $r(R)$, то фактам его консеквента присваивается ранг $r(R)+1$.
5) процедура выполняется циклически до прекращения переранжирования или до достижения каким-то из правил предельного ранга (в этом случае БЗ перепроектируется).

Правила упорядочиваются на уровни или «слои», согласно причинно-следственным приоритетам. Высшим приоритетом обладают стартовые продукции, имеющие на входе только стартовые факты. Далее следуют продукции, содержащие в антецеденте промежуточные факты, входящие в консеквенты стартовых продукций. Третий слой образуют продукции, содержащие в антецеденте промежуточные факты, выведенные на втором шаге. Число уровней определяется длиной самой протяжённой цепочки вывода, возможной в данной БЗ.

Как и в случае миварных БЗ, причинно-следственное упорядочение обеспечивает линейную сложность вывода $O(n)$, где n – количество правил. Это устраняет экспоненциальный

рост объёма вычислений при увеличении числа правил. При прямом выводе расчёт истинности заключения на каждом шаге состоит из следующих этапов.

1) расчёт истинности малой посылки согласно (10) и (11), либо (20) и (21) в зависимости от того, какой формой конъюнкции/дизъюнкции моделируются связки И/ИЛИ. Связка НЕ моделируется первой формой отрицания (13).
2) расчёт истинности заключения на основе истинности малой и большой посылок. Истинность большой посылки задаётся разработчиками БЗ. Истинность малой посылки определяется ответами пользователя и промежуточными шагами вывода.
3) если истинность факта *b* получена ранее, и на очередном шаге вывода она вычислена повторно из других посылок, то происходит объединение значений истинности (объединение свидетельств). Например, по второй форме дизъюнкции (12).

Для векторного представления истинности могут быть вычислены скалярные меры достоверности, определённости, точности, противоречивости, избыточности и др. [16]. Если из имеющихся фактов выведено несколько гипотез, пользователь информируется о векторе истинности гипотезы и связанных с ним значениях мер. Это позволяет выбрать предпочтительную из гипотез.

Заключение

Рассмотрены вопросы интервального представления истинности при информационном и нативном противоречиях. Представлен расчёт интервальных значений для логических связок при двух видах противоречия, обсуждены правила логического вывода для С-МР и С-МТ.

Формализм, разрабатываемый для нативного противоречия, может использоваться в СППР, в которых степени уверенности в истинности/ложности суждений задаются экспертно. Впервые представлены результаты третьих форм конъюнкции и дизъюнкции для информационного противоречия. Даны интервальные формы этих связок и приведены особенности вывода с использованием правил *modus ponens* и *modus tollens*. Показано, что результаты вывода с использованием обеих форм связок взаимно близки, а третьи формы могут использоваться в знаниевых системах, в том числе в интервальном варианте.

Список источников

[1] ***Аршинский, Л.В.*** О третьих формах конъюнкции и дизъюнкции в логиках с векторной семантикой. *Онтология проектирования*. 2025. Т.15. №2(56). С.262-269. DOI: 10.18287/2223-9537-2025-15-2-262-269.

[2] ***Аршинский Л.В.*** Методы обработки нестрогих высказываний. Иркутск: Изд-во Восточно-Сибирского института МВД России, 1998. 40 с.

[3] ***Аршинский Л.В.*** Многозначные логики с векторной семантикой / ВСИ МВД России. Иркутск, 2003. 46 с.: Рус. Деп. в ВИНИТИ 13.02.2003. № 281-В2003.

[4] ***Самойлов Д.Е., Семенова В.А., Смирнов С.В.*** Анализ неполных данных в задачах построения формальных онтологий. *Онтология проектирования*. 2016. Т.6. №3(21). С.317-339. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-317-339.

[5] ***Семенова В.А., Смирнов С.В.*** Модели и методы онтологического анализа данных в задаче структурного анализа и синтеза технических решений. *Онтология проектирования*. 2023. Т.13. №4(50). С.531-547. DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-4-531-547.

[6] ***Смирнов С.В.*** Онтологический анализ данных: гибридная методика с использованием многозначной логики и многокритериальной оптимизации. *Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте* (ИММВ-2024). Смоленск, 2024. С. 126-134

[7] ***Семенова В.А. Смирнов С.В.*** Функциональное наполнение и архитектура программной лаборатории для онтологического анализа данных. *Вестник Самарского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2023. Т. 31, №2. С.85-100.

[8] ***Feinman R.P.*** Simulating Physics with Computers. *International Journal of Theoretical Physics*. 1982. v.21, No6,7. P.467-488.

[9] ***Торгаев С.Н., Шульга И.Д., Юрченко Е.А., Громов М.Л.*** Основы квантовых вычислений: учебное пособие. Томск: Издательство STT, 2020. 88 с.
[10] ***Аршинский Л.В.*** Особенности работы машины вывода системы моделирования правдоподобных рассуждений «Гераклит». *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. 2016. №2. С.18-29.
[11] ***Хачатрян А.Р.*** Анализ классических методов объединения свидетельств в экспертных системах. *Изв. АН СССР. Техн. кибернетика*. 1987. №5. С.67-73.
[12] ***Smarandache F.*** Neutrosophy: Neutrosophic Probability, Set and Logic. American Research Press, Rehoboth, 1998. 105 p.
[13] ***Smarandache F.*** An Introduction to Neutrosophy, Neutrosophic Logic, Neutrosophic Set, and Neutrosophic Probability and Statistics. *Proceedings of the First International Conference on Neutrosophy, Neutrosophic Logic, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability and Statistics*. University of New Mexico-Gallup, 1-3 December 2001. Phoenix: Xiquan, 2001. P.5-21.
[14] ***Atanassov K.T.*** Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*. 1986. Vol.20(1). P.87-96.
[15] ***Atanassov K.T.*** New operations defined over the intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*. 1994. Vol.61(2). P.137-142.
[16] ***Аршинский Л.В.*** Векторные логики: основания, концепции, модели. Иркутск: Иркут. гос. ун-т. 2007, 228 с.
[17] ***Shafer G.*** A Mathematical Theory of Evidence. Princeton and London: Princeton University Press, 1976. 297 p.
[18] ***Quinlan J.R.*** INFERNO: a causations approach to uncertain inference. *The Computer Journal*. 1983. Vol.26. No3. P.255-269.
[19] ***Левин В.И.*** Дифференциальное исчисление интервальных элементарных функций и принятие решений. *Онтология проектирования*. 2016. Т.6, №3(21). С.340-354. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-340-354.
[20] ***Forgy Ch***. Rete: a fast algorithm for the many pattern/many object pattern match problem. *Artificial Intelligence.* 1982. Vol.19(1). P.17–37. DOI: 10.1016/0004-3702(82)90020-0.
[21] ***Wright I, Marshall J.*** The execution kernel of RC++: RETE, a faster RETE with TREAT as a special case. http://www.cs.bris.ac.uk/Publications/Papers/2000091.pdf.
[22] ***Варламов О.О.*** Создание Больших Знаний и расширение областей применения миварных технологий логического искусственного интеллекта. *Информационные и математические технологии в науке и управлении*. 2023. №4(32). С.30-41. DOI: 10.25729/ESI.2023.32.4.003.
[23] ***Потапова А.В.*** Применение миварного подхода при создании систем поддержки принятия решений для сферы государственных услуг. *Онтология проектирования*. 2022. Т.12, №2(44). С.245-262. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-2-245-262.
[24] ***Чувиков Д.А.*** Об экспертной системе «Анализ ДТП», основанной на концепции миварного подхода. *Проблемы искусственного интеллекта*. 2017. №2(5). С.78-88.

Сведения об авторах

Аршинский Леонид Вадимович, 1957 г. рождения. Окончил Иркутский государственный университет в 1979 г., д.т.н. (2008). Профессор кафедры «Информационные системы и защита информации» ИрГУПС. В списке научных трудов более 270 работ в области оптимизации, искусственного интеллекта, системного анализа и др. Член-корреспондент Российской академии естественных наук и Российской инженерной академии, член Российской ассоциации искусственного интеллекта. AuthorID (RSCI): 520252; Author ID (Scopus): 57193195356; Researcher ID (WoS): C-3869-2013; ORCID 0000-0001-5135-7921. *larsh@mail.ru* ✉.

Аршинский Вадим Леонидович, 1984 г. рождения. Окончил Иркутский государственный технический университет в 2006 г., к.т.н. (2010). Руководитель центра программной инженерии Института информационных технологий и анализа данных ИрНИТУ. В списке научных трудов более 30 работ в области энергетики, системного анализа, искусственного интеллекта. AuthorID (RSCI): 520305; Researcher ID (WoS): G-9580-2012; ORCID 0000-0001-7832-1582. *arshinskyv@istu.edu.*

Тирских Владимир Викторович, 1963 года рождения. Окончил Иркутский государственный университет в 1984 г., к.ф.-м.н. (2000). Доцент кафедры «Информационные системы и защита информации» ИрГУПС. В списке научных трудов более 70 работ в области информационных систем, оптимизации и др. AuthorID (RSCI): 119571. *tirskih_vv@irgups.ru.*

Поступила в редакцию 11.04.2026, после рецензирования 18.05.2026. Принята к публикации 10.06.2026.

Scientific article DOI: 10.18287/2223-9537-2026-16-3-515-527

Interval representation of truth under informational and native contradictions

© 2026, L.V. Arshinskiy[1]✉, V.L. Arshinsky[2], V.V. Tirskikh[1]

[1]*Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russia*

[2]*Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia*

Abstract

This article examines the interval representation of truth under informational and native contradictions in logics with vector semantics. Calculations of truth-value intervals for logical connectives are presented for both types of contradiction in this semantic framework, and the inference rules, modus ponens and modus tollens, are discussed. The concept of native contradiction is primarily associated with physical rather than informational objects; however, the formalism developed for native contradiction can also be applied in knowledge-based decision support systems. In such systems, degrees of confidence in the truth or falsity of propositions are often specified by experts; therefore, an appropriate formalism is required for processing interval truth values. An interval truth representation is provided for three forms of connectives: conjunction, disjunction, and two forms of negation. The specific features of inference using the modus ponens and modus tollens rules under interval representation are discussed for informational and native contradictions. It is concluded that the proposed formal framework is suitable for knowledge-based decision support systems. In ontological modeling, the vector semantics formalism can be applied under conditions of incomplete and contradictory accumulated empirical information.

Keywords: *logics with vector semantics, interval representation of truth, information contradiction, native contradiction, logical connectives, logical inference.*

For citation: *Arshinskiy LV., Arshinsky V.L. Tirskikh V.V.* Interval representation of truth under informational and native contradictions [In Russian]. *Ontology of designing*. 2026; 16(61): 515-527. DOI: 10.18287/2223-9537-2026-16-3-515-527.

Authors' contribution: *Arshinsky L.V.* – conceptualization and development of the formal framework; *Arshinsky V.L.* – preparation of calculation examples; *Tirskikh V.V.* – analysis and verification of the results.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

List of figures and tables

Figure 1 – Truth value of the truth of the conclusion according to (4)
Figure 2 – Interval representation of truth for vectors ||a||=||a||1÷||a||2 and ||b||=||b||1÷||b||2.
Figure 3 – Production-rule knowledge base with causal ordering
Table 1 – Truth-value interval for the conclusion derived using the C-MP2 rule (content-based modus ponens) for the first and third forms of conjunction/disjunction, with x•y = min(x, y) и x⊕y = max(x, y) (values above and below the line, respectively)
Table 2 – Truth-value interval for the conclusion derived using the C-MP2 rule for the first and third forms of conjunction/disjunction with x•y = xy и x⊕y = x+y– xy (above and below the line, respectively)
Table 3 – Truth-value interval for the conclusion derived using the C-MT2 rule (content-based modus tollens) for the first and third forms of conjunction/disjunction with x•y = min(x, y) и x⊕y = max(x, y) (above and below the line, respectively)
Table 4 – Truth-value interval for the conclusion derived using the C-MT2 rule for the first and third forms of conjunction/disjunction for *x•y = xy* и *x⊕y = x+y– xy* (values above and below the line, respectively)

References

[1] ***Arshinskiy LV.*** On the third forms of conjunction and disjunction in logic with vector semantics [In Russian]. *Ontology of designing*. 2025; 15(2): 262-269. DOI: 10.18287/2223-9537-2025-15-2-262-269.

[2] ***Arshinskiy LV.*** Methods for processing of non-strict statements [in Russian]. Irkutsk: East-Siberian Institute of MIA of Russia; 1998. 40 p.
[3] ***Arshinskiy LV.*** Multivalued logics with vector semantics [in Russian]. East Siberian Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia. Irkutsk. 2003. 46 p.: Rus. Dep. in VINITI 13.02.03, No. 281-V2003.
[4] ***Samoilov DE., Semenova VA, Smirnov SV.*** Incomplete data analysis for building formal ontologies [in Russian]. *Ontology of designing*. 2016; 6(3): 317-339. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-317-339.
[5] ***Semenova VA, Smirnov SV.*** Models and methods of ontological data analysis in the problem of structural analysis and synthesis of technical decisions [In Russian]. Ontology of designing. 2023; 13(4): 531-547. DOI: 10.18287/2223-9537-2023-13-4-531-547.
[6] ***Smirnov SV.*** Ontological data analysis: a hybrid technique using multivalued logic and multi-criteria optimization [In Russian]. *Integrated models and soft computing in artificial intelligence*. Smolensk. 2024: 126-134.
[7] ***Semenova V.A. Smirnov S.V.*** Functional content and architecture of software laboratory for ontological data analysis [In Russian]. *Bulletin of Samara State Technical University. Series "Engineering Sciences"*. 2023; 31(2): 85-100.
[8] ***Feinman RP.*** Simulating Physics with Computers // International Journal of Theoretical Physics. 1982; 21(6,7): 467-488.
[9] ***Torgaev SN, Shulga ID, Yurchenko EA, Gromov ML.*** Fundamentals of quantum computing [in Russian]. Tomsk: STT; 2020. 88 p.
[10] ***Arshinsky LV.*** Features of the inference engine of the plausible reasoning modeling system “Heraclitus” [In Russian]. *Information and Mathematical Technologies in Science and Management*. 2016; 2: 18-29.
[11] ***Khachatryan AR.*** Analysis of classical methods of combining evidence in expert systems [In Russian]. *Izvestiya AN SSSR. Tech. Cybernetics*; 1987: 5: 67-73.
[12] ***Smarandache F.*** Neutrosophy: Neutrosophic Probability, Set and Logic. American Research Press, Rehoboth; 1998. 105 p.
[13] ***Smarandache F.*** An Introduction to Neutrosophy, Neutrosophic Logic, Neutrosophic Set, and Neutrosophic Probability and Statistics. *Proceedings of the First International Conference on Neutrosophy, Neutrosophic Logic, Neutrosophic Set, Neutrosophic Probability and Statistics*. University of New Mexico-Gallup, 1-3 December 2001. Phoenix: Xiquan; 2001: 5-21.
[14] ***Atanassov KT.*** Intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*. 1986; 20(1): 87-96.
[15] ***Atanassov KT.*** New operations defined over the intuitionistic fuzzy sets. *Fuzzy Sets and Systems*. 1994; 61(2): 137-142.
[16] ***Arshinskiy LV.*** Vector logics: foundations, concepts, models [in Russian]. Irkutsk: Irkutsk state university; 2007. 228 p.
[17] ***Shafer G.*** A Mathematical Theory of Evidence. Princeton and London: Princeton University Press; 1976. 297 p.
[18] ***Quinlan JR.*** INFERNO: a causations approach to uncertain inference. *The Computer Journal*. 1983; 26(3): 255-269.
[19] ***Levin VI.*** Differential calculus of interval elementary functions and decision-making [In Russian]. *Ontology of designing*. 2016; 6(21): 340-354. DOI: 10.18287/2223-9537-2016-6-3-340-354.
[20] ***Forgy Ch***. Rete: a fast algorithm for the many pattern/many object pattern match problem. *Artificial Intelligence.* 1982; 19(1): 17–37. DOI: 10.1016/0004-3702(82)90020-0.
[21] ***Wright I, Marshall J.*** The execution kernel of RC++: RETE*, a faster RETE with TREAT as a special case. http://www.cs.bris.ac.uk/Publications/Papers/2000091.pdf.
[22] ***Varlamov OO.*** Creating Big Knowledge and expanding the applications of mivar technologies of logical artificial intelligence [In Russian]. *Information and mathematical technologies in science and management*. 2023; 4(32): 30-41. DOI: 10.25729/ESI.2023.32.4.003.
[23] ***Potapova AV.*** Application of the mivar approach in creation of decision support systems for public services [In Russian]. *Ontology of Designing*. 2022; 12(2): 245-262. DOI: 10.18287/2223-9537-2022-12-2-245-262.
[24] ***Chuvikov DA.*** About the expert system «Analysis MVA », based on the concept of the mivar approach [In Russian]. *Problems of Artificial Intelligence*. 2017; 2 (5): 78-88.

About the Authors

Leonid Vadimovich Arshinskiy (b.1957) graduated from Irkutsk State University in 1979, Doctor of Technical Sciences (2008). Professor at the Department of Information Systems and Information Security, Irkutsk State Transport University. Corresponding member of the Russian Academy of Natural Sciences and the Russian Academy of Engineering; member of the Russian Association of Artificial Intelligence. He is the author of more than 270 scientific articles and abstracts in the fields of optimization, artificial intelligence, systems analysis, and information security. AuthorID

(RSCI): 520252; Author ID (Scopus): 57193195356; Researcher ID (WoS): C-3869-2013; ORCID 0000-0001-5135-7921. *larsh@mail.ru.*

Vadim Leonidovich Arshinsky (b. 1984) graduated from Irkutsk State Technical University in 2006, Candidate of Technical Sciences (2010). Head of the Software Engineering Center, School of Information Technology and Data Science, Irkutsk National Research Technical University. The list of scientific papers includes more than 30 works in the fields of energy, systems analysis, and artificial intelligence. AuthorID (RSCI): 520305; Researcher ID (WoS): G-9580-2012; ORCID 0000-0001-7832-1582. *arshinskyv@istu.edu.*

Vladimir Viktorovich Tirskikh (b. 1963) graduated from Irkutsk State University in 1984, Candidate of Physical and Mathematical Sciences (2000). Associate Professor at the Department of Information Systems and Information Security, Irkutsk State Transport University. The list of scientific publications includes more than 70 papers in the fields of optimization, information systems, and related areas. AuthorID (RSCI): 119571. *tirskih_vv@irgups.ru.*

Received April 11, 2026. Revised May 18, 2026. Accepted June 10, 2026.