

ИМПЛИКАТИВНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ КОНСТРУКЦИИ

Матчин Василий Тимофеевич¹,

e-mail: matchin.vt@gmail.com,

¹Российский технологический университет (РТУ МИРЭА), г. Москва, Россия

Статья исследует имплицативные информационные отношения в информационном поле. Многозначность имплицативных информационных отношений дает возможность использовать их для построения универсальной методологии, которая в разных контекстах может описывать процессы, переходы или отношения. Предлагается методика построения имплицативных моделей для описания отношений и процессов на основе формального аппарата импликаций. Приводятся примеры построения имплицативных информационных конструкций и дана их интерпретация. Показано различие между бинарными и тринарными имплицативными конструкциями. Рассмотрены имплицативные информационные конструкции, которые применимы для причинно-следственного анализа. Раскрыто содержание антецедента, секвенции и консеквента в тринитарной импликации. Описаны категориальные переходы с помощью имплицативных моделей. Дано описание применения имплицативных моделей в качественном анализе. Введено новое понятие «параметрическая имплицативная модель». Продемонстрирован принцип формальной интерпретируемости параметрической имплицативной модели, позволяющей проводить сопоставительный анализ ситуаций и объектов. Этим она способствует упорядочению процедур анализа и обоснованию принимаемых решений.

Ключевые слова: имплицативная модель, импликация, информационные отношения, причинно-следственный анализ, имплицативные отношения

IMPLICATIVE INFORMATION CONSTRUCTIONS

Matchin V.T.¹,

e-mail: matchin.vt@gmail.com,

¹Russian Technological University (RTU MIREA), Moscow, Russia

The article explores the implicative information relations in the information field. The ambiguity of implicative information relations makes it possible to use them to build a universal methodology that can describe processes, transitions or relationships in different contexts. A technique for constructing implicative models for describing relationships and processes based on the formal apparatus of implications is proposed. Examples of the construction of implicative information structures are given and their interpretation is given. The difference between binary and trinary implicative constructions is shown. Implicative information constructions applicable for causal analysis are considered. The content of the antecedent, sequence and consequent in the trinitarian implication is revealed. Categorical transitions are described using implicative models. The application of implicative models in qualitative analysis is described. A new concept of “parametric implicative model” has been introduced. The principle of formal interpretability of the parametric implicative model is demonstrated, which allows for a comparative analysis of situations and objects. In this way, it helps to streamline the analysis procedures and substantiate the decisions made.

Keywords: implicative model, implication, information relations, causal analysis, implicative relations

DOI 10.21777/2500-2112-2024-4-77-83

Введение

Современное общество развивается в условиях глобализации, информатизации и интеллектуализации социально-экономических процессов [1; 2]. Это обуславливает создание и развитие информационных моделей и методов представления информационных ситуаций. Информационная модель – набор параметров и связей между ними, который отражает реальный объект, процесс, явление, а также связи между объектами и окружающим миром. Модель информационной ситуации – это формализованное отображение существующей ситуации, в которой находится объект, с помощью системы взаимосвязанных, идентифицируемых, информативно определяемых параметров [3]. Информационная модель, как правило, строится с использованием детерминированных связей. Информационная ситуация строится и включает не только связи, но и информационные отношения между объектами, входящими в ситуацию. В целом широкое применение методов информатики в различных областях деятельности вызывает необходимость развития научно-методических основ для информационного моделирования поведения объектов.

В настоящее время растет интерес к проблемам сложности возникающих ситуаций и их информационному описанию. Информационное описание связывают с информационными моделями разных типов. Одним из универсальных средств описания ситуаций является информационное отношение. Информационные отношения – отношения, возникающие при обработке, сборе, хранении, распространении и использовании информации. Информационные отношения поддерживаются силой стандартов. Информационное отношение не существует само по себе. Оно подразумевает наличие субъектов и объектов информационных отношений. По типу участников информационных отношений их разбивают на три группы. Между субъектами и объектами информационного поля существуют субъектно-объектные информационные отношения. Между субъектами существуют субъектные информационные отношения. Между объектами существуют объектные информационные отношения. Многообразие информационных отношений и их важность для информационных процессов и ситуаций мотивирует исследование информационных отношений и делает актуальным такое исследование.

Целью работы является создание универсальной методики построения имплективных моделей для описания отношений и процессов в информационном поле с применением формального аппарата, позволяющей проводить сопоставительный анализ ситуаций и объектов.

В исследовании применялись аппарат математической логики, принцип формальной интерпретируемости, дедуктивный метод.

Объекты информационных отношений

Объектами информационных отношений в широком смысле являются различные объекты информационного поля и информационного пространства. Поскольку эти понятия часто путают или отождествляют, приведем пример различия. Координатное пространство является примером информационного пространства. Оно не влияет, например, на движущийся объект, но позволяет определять его характеристики при известной координатной системе. Для использования информационного пространства необходимо задать одну из многих координатных систем и определить объект в этой системе. Но само пространство пассивно и на объект не влияет. Спутниковое навигационное поле является примером информационного поля. В каждой точке пространства с помощью специального приемника можно определить координаты. Поле создается системой искусственных спутников Земли, которые передают сигналы в пространство. Суперпозиция сигналов создает поле в любой точке пространства. Это полностью соответствует теории поля Ландау или Боголюбова, которые говорят о полевой функции в каждой точке пространства как признаке наличия поля. К объектам информационного поля можно отнести следующие конкретные объекты: геоданные [4], информационные модели, информационные структуры, информационные ресурсы, алгоритмы, информационные процессы, программное обеспечение, базы данных, базы знаний, информационные системы, цифровые карты, цифровые изображения и т.д.

Информационные отношения различаются также в зависимости от типа объектов отношений. В настоящее время в связи с цифровой трансформацией появились новые объекты информационного поля.

Например, влияние информатизации на право привело к появлению следующих информационных объектов: цифровое право [5], информационное право [6; 7]. Эти объекты породили специфические информационные отношения между объектом права (материальным объектом) и субъектом права (личностью). Особенность информации заключается в том, что она всегда является инструментом отношений между объектом и субъектом. Информация является полисемическим понятием [8], то есть обладает многозначностью, многовариантностью. Ценность информации определяется не ее объемом и морфологией, а количеством знаний, которые в ней содержатся [9]. С учетом этого для описания и интерпретации информационных отношений наиболее эффективным подходом является применение формального аппарата.

Информационные имплицативные отношения

Существуют понятия «информационная связь» и «информационное отношение». Различие между ними можно продемонстрировать на примере теоретико-множественной модели. Выражение (1) задает линейную связь

$$Y = KX + h. \quad (1)$$

Эта связь определяет линейную зависимость между Y и X . Выражение (1) задает линейное множество, в котором существует взаимно однозначное соответствие между Y и X . Выражение (2) задает отношение

$$Y < KX + h. \quad (2)$$

Это отношение определяет полуплоскость, лежащую ниже прямой в выражении (1). Выражение (2) задает ареальное множество, в котором отсутствует взаимно однозначное соответствие между Y и X .

Таким образом, отношения, в том числе информационные, фиксируют некую закономерность. С отношениями могут быть связаны связи, которые более четко определяют ситуацию и характер явления или процесса. Отношения содержат неопределенность, связи ее уменьшают. В то же время существуют информационные отношения и информационные связи, между которыми можно найти зависимость и уменьшить неопределенность. Примером являются выражения (1) и (2).

Одним из универсальных средств описания операций и отношений является импликация. Ее особенность заключается в том, что она описывает отношения и процессы. Среди множества отношений в информационном поле выделяют имплицативные отношения [10; 11]. Имплицативные отношения позволяют конструировать имплицативные модели. Простая логическая имплицативная модель описывает отношение между двумя объектами

$$A \rightarrow B. \quad (3)$$

Выражение (3) является простым, поскольку включает одно отношение, изображаемое стрелкой. Символы изображают сущности, стрелка изображает отношение. В социальной сфере импликацию часто отождествляют с термином «последствие». В логике импликация выступает как логическая связка. Поэтому выражение (3) является множественным и имеет разные интерпретации. В простом варианте их три: 3.1 « A влечет B », 3.2 «если A , то B », 3.3 «из A следует B ». Интерпретацию 3.1 называют «имплицативной», она выделяет факт следования. Интерпретацию 3.2 называют «условной», она подчеркивает условность ситуации (если такая условность имеет место). Интерпретацию 3.3 называют «причинно-следственной», она отражает причинно-следственное содержание ситуации.

Для интерпретации 3.1 выражение (3) описывает простую импликацию. Простая импликация состоит из однозвенной цепочки. Аналогом (3) для интерпретации 3.1 является прямой алгоритм или «черный» ящик в системном анализе. Выражение (3) для интерпретации 3.3 описывает прямую однозвенную связь между причиной (A) и следствием (B). Из звеньев типа (3) формируют сложные причинно-следственные цепочки. Отношение между тремя объектами A , B , C называют тринитарным.

Тринитарная методология существовала со времен Древней Греции. Цепочки из трех связанных элементов или частей называли триадой. Такая импликация выглядит следующим образом

$$A \rightarrow C \rightarrow B. \quad (4)$$

Формула (4) является комбинацией (3) с включением третьего члена (C). Если рассматривать компоненты (4) как высказывания, то они имеют определенные значения. Высказывание « A » есть анте-

цедент, высказывание «В» есть консеквент, компонент С называется секвенцией. Выражение (4) может быть трансформировано в формальную запись – интерпретацию

$$\text{антецедент} \rightarrow \text{секвенция} \rightarrow \text{консеквент.} \quad (5)$$

Компоненты А и В выражения (4) обычно имеют одинаковую категорию (сущность, операнд), компонент С относится к другой категории (процесс преобразования, связка, оператор). Аналитическая разница между выражением (3) и выражениями (4), (5) в том, что (3) описывает закрытую систему или «черный ящик». Выражение (4) описывает дополнительно механизм преобразования, то есть в целом представляет собой «белый ящик». Механизм преобразования (С) можно анализировать и корректировать. Следовательно, сложная цепочка импликаций (4), (5) является более полным описанием ситуации по сравнению с выражением (3). Можно сказать, что она раскрывает неявное знание перехода или процесса.

Триада может быть замкнутой и развернутой. Замкнутой триаде топологически соответствует треугольник. Развернутая триада представляет собой открытую цепочку из трех объектов (4) и двух переходов. Переходы могут быть с изменением качества или с сохранением качества. Преимущество развернутой триады в том, что ее можно наращивать и создавать причинно-следственные конструкции, которые можно представить как комбинацию имплекативной модели. Развитием понятия тринитарной имплекации является «логика группированных имплекаций» (BI) [11; 12]. Например, получение знаний может описываться цепочкой преобразования качеств или цепочкой отношений

$$И \rightarrow Д \rightarrow \text{ФФМ} \rightarrow \text{АМ} \rightarrow \text{Зн.} \quad (6)$$

В выражении (6) использованы следующие обозначения: И – измерения; Д – данные, полученные с помощью измерений или наблюдений, ФФМ – фактофиксирующие или первичные модели; АМ – аналитические модели, построенные на основе обработки первичных моделей; Зн – знания.

Выражение (6) можно рассматривать как сложный процесс или сложное причинно-следственное отношение. Наличие переходного элемента стрелки – обязательное условие развития имплекативной модели.

Разница между ФФМ и АМ в том, что ФФМ описывают факты, а АМ описывает модель объекта исследования. Параметры: Д; ФФМ; АМ; Зн – относятся к разным категориям. Можно констатировать, что имплекативная модель типа (6) описывает межкатегориальные переходы. Можно интерпретировать имплекативную модель (6) как линейную модель причинно-следственных отношений.

Многозначность имплекативных информационных отношений дает основание использовать их для построения универсальной методики, которая в разных контекстах может описывать процессы, переходы или отношения. Основой такой методики является использование моделей имплекативных отношений, в которых импликация трактуется в зависимости от контекста. При детализации методика трансформируется в конкретные ситуации. В обобщенном описании она позволяет объединять анализ процессов и отношений в единой модели. Такие идеи заложены и применяются в технологиях структурного моделирования IDEF.

Имплекативные отношения в качественном анализе

В качественном анализе применяют качественные параметры объектов [13]. Для применения имплекативных моделей в качественном анализе необходимо ввести новое понятие – «параметрическая имплекативная модель». Параметрическая имплекативная модель – это модель, члены которой содержат качественные параметры. Простой качественный переход или качественное преобразование можно описать с помощью имплекативной модели между двумя объектами

$$O_1(q_1) \rightarrow O_2(q_2). \quad (7)$$

Выражение (7) является параметрическим, поскольку включает, кроме обозначения объектов (O_1 , O_2), ключевые параметры объектов (q_1 , q_2).

Выражение (7) является множественным, поскольку допускает разные интерпретации. Первая интерпретация 7.1 «объект или ситуация O_1 с качеством q_1 влечет объект или ситуацию O_2 с качеством q_2 ». Это безусловная или общеутвердительная интерпретация. Соответственно эта интерпретация описывает безусловную ситуацию. Интерпретация 7.2 «если возникает объект или ситуация O_1 с качеством

q_1 , то она может повлечь объект или ситуацию O_2 с качеством q_2 ». Это условная или модальная интерпретация. Эта интерпретация описывает условную ситуацию. Интерпретация 7.3 «объект или ситуация O_1 с качеством q_1 может быть причиной ситуации O_2 с качеством q_2 ». Это причинно-следственная интерпретация. Она описывает причинно-следственную ситуацию. Интерпретацию 7.1 называют «импликативной», интерпретацию 7.2 называют «условной», интерпретацию 7.3 называют простой «причинно-следственной».

Причинно-следственная ситуация может быть множественной. Это показано на выражениях (8) – (10):

$$O_1(q_1) \wedge O_2(p_1) \wedge O_3(q_4) \wedge O_4(p_5) \rightarrow OT1(qn_1), \quad (8)$$

$$O_1(q_1) \vee O_2(p_1) \vee O_3(q_4) \vee O_4(p_5) \rightarrow OT2(qn_2), \quad (9)$$

$$O_1(q_1) \oplus O_2(p_1) \oplus O_3(q_4) \oplus O_4(p_5) \rightarrow OT3(qn_3). \quad (10)$$

Выражение (8) интерпретируется так: только совместное действие объектов O_1, O_2, O_3, O_4 , обладающих качествами q_1, p_1, q_4, p_5 , приводит к ситуации OT_1 с качеством qn_1 . Это совместная множественная импликация. Выражение (9) интерпретируется так: совместное или раздельное действие объектов O_1, O_2, O_3, O_4 , обладающих качествами q_1, p_1, q_4, p_5 , приводит к ситуации OT_2 с качеством qn_2 . Это комбинационная множественная импликация. Выражение (10) интерпретируется так: только раздельное действие любого из объектов O_1, O_2, O_3, O_4 , обладающих качествами q_1, p_1, q_4, p_5 , приводит к ситуации OT_3 с качеством qn_3 . Это индивидуальная множественная импликация.

Более сложные модели связаны с появлением или исключением нового качества:

$$O_1(q_1) \wedge O_2(p_1) \rightarrow O_2(q_3). \quad (11)$$

Выражение (11) интерпретируется так: совместное действие объектов O_1, O_2 , обладающих качествами q_1, p_1 , приводит к замене качества p_1 у объекта O_2 на качество (q_3). Это комбинация качеств.

В следующем выражении приводится комбинация накопления качеств:

$$O_1(q_1) \wedge O_2(p_1) \rightarrow O_2(p_1, q_3). \quad (12)$$

Выражение (12) интерпретируется так: совместное действие объектов O_1, O_2 , обладающих качествами q_1, p_1 , приводит к появлению нового качества (q_3) и сохранению качества p_1 у объекта O_2 . Это комбинация накопления качеств.

Комбинация уменьшения качеств может быть представлена выражением вида

$$O_1(q_1) \wedge O_2(p_1, p_2, p_3) \rightarrow O_2(p_1, p_3). \quad (13)$$

Выражение (13) интерпретируется так: совместное действие объектов O_1, O_2 , обладающих качествами q_1, p_1, p_2, p_3 , приводит к исключению качества p_2 у объекта O_2 . Это комбинация уменьшения качеств.

Рассмотренные выше импликативные модели являются прямыми. Они задают причинно-следственные отношения [14], которые служат для построения прямых причинно-следственных связей. При дальнейшей детализации выделяют причинно-следственные зависимости.

Информационные отношения являются множественными. Для формального представления информационных отношений используется понятие «интерпретация». Импликативные отношения можно использовать для описания интерпретации. Если обозначить дефиниции символом D , а термины символом T , то простейшие модели интерпретации можно представить в виде

$$T_1 \rightarrow D_1, \quad (14)$$

$$T_2 \rightarrow D_2. \quad (15)$$

Выражения (14), (15) описывают однозначные интерпретации. Для каждого термина есть однозначная интерпретация и никакой другой. Существует множественная интерпретация, например:

$$C \rightarrow D_4 \oplus D_5 \oplus D_6. \quad (16)$$

Выражение (16) говорит о том, что понятие C влечет три интерпретации: D_4 , либо D_5 , либо D_6 , но не две одновременно.

Существует условная интерпретация, например:

$$T_5 \rightarrow D_5 T \wedge (\text{Cond5}=\text{true}). \quad (17)$$

Выражение (17) говорит о том, что для термина T_5 существует дефиниция D_5 , но только при истинности условия Cond5.

Приведенный набор импликативных конструкций служит образцом для дальнейшего развития подобных построений.

Применение импликативных отношений можно рассматривать как раздел информационного моделирования. Импликативные отношения есть универсальное направление, которое применяют в различных областях: информационном моделировании, исследовании природных ресурсов, управлении транспортом, геологии, экологии, муниципальном управлении, планировании народного хозяйства, исследовании поведения насекомых, животных и людей, социальной кибернетике, образовании, медицине, биологии и биоинформатике, интеллектуальных системах, киберфизических системах. Параметрическая импликативная модель позволяет проводить сопоставительный анализ ситуаций и объектов. Этим она способствует упорядочению процедур анализа и обоснованию принимаемых решений.

Заключение

Импликативные отношения являются разновидностью информационных отношений и инструментом описания объектов и процессов в информационном поле. Импликация имеет множество реализаций и применений. Ее можно трактовать как процесс и как отношение в зависимости от ситуации, в которой она используется.

Импликативные информационные конструкции строятся с использованием импликации и моделей двух типов: бинарной и тринарной. Преимущество импликативной информационной конструкции состоит в возможности обобщения и анализа взаимосвязей между объектами в единой схеме логической последовательности выполнения процессов и межкатегориальных переходов. Импликативные информационные конструкции позволяют выполнять качественный анализ исследуемых объектов с использованием формального аппарата. Предложенная методика построения импликативных моделей для описания информационных отношений и процессов основана на использовании формального аппарата импликативных отношений. Методика является универсальной и позволяет построить импликативные модели в зависимости от контекста решаемой задачи.

Список литературы

1. Цветков В.Я. Глобализация и информатизация // Информационные технологии. – 2005. – № 2. – С. 2–4.
2. Zaoui F., Souissi N. Roadmap for digital transformation: A literature review // Procedia Computer Science. – 2020. – Vol. 175. – P. 621–628.
3. Розенберг И.Н. Информационная ситуация как сложная система // Образовательные ресурсы и технологии. – 2017. – № 3 (20). – С. 69–77.
4. Савиных В.П., Цветков В.Я. Геоданные как системный информационный ресурс // Вестник Российской академии наук. – 2014. – Т. 84, № 9. – С. 826–829.
5. Терехов М.Г. Цифровое право // Экономика. Право. Общество. – 2021. – № 3. – С. 67–70.
6. Минбалеев А.В. Актуальные проблемы информационного права в условиях цифровой трансформации // Информационное право. – 2021. – № 1. – С. 23–27.
7. Камалова Г.Г. Пределы и ограничения в информационном праве России // Национальная безопасность / Nota bene. – 2020. – № 2. – С. 11–30.
8. Иванников А.Д., Тихонов А.Н., Цветков В.Я. Основы теории информации. – Москва: МАКС Пресс, 2007. – 356 с.
9. Елсуков П.Ю. Информация, уменьшающая неопределенность и информация, увеличивающая содержательность // Образовательные ресурсы и технологии. – 2017. – № 3 (20). – С. 62–68.
10. Copot M., Bonami O. Behavioural evidence for implicative paradigmatic relations // The Mental Lexicon. – 2023. – Vol. 18, No. 2. – P. 177–217.

11. Цветков В.Я., Чехарин Е.Е. Импликативные отношения в пространственной информации // Современные информационные технологии: сборник научных статей по материалам 9-й Международной научно-технической конференции. – Бурнас, 2023. – С. 313–319.
12. O'Hearn P.W., Pym D.J. The logic of bunched implications // Bulletin of Symbolic Logic. – 1999. – Vol. 5, No. 2. – P. 215–244.
13. Xiao Z. et al. Supporting qualitative analysis with large language models: Combining codebook with GPT-3 for deductive coding // Companion Proceedings of the 28th International Conference on Intelligent user Interfaces. – New York, 2023. – P. 75–78.
14. Dit B. et al. Impactminer: A tool for change impact analysis // Companion Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering. – New York, 2014. – P. 540–543.

References

1. Cvetkov V.Ya. Globalizatsiya i informatizatsiya // Informatsionnye tekhnologii. – 2005. – № 2. – S. 2–4.
2. Zaoui F., Souissi N. Roadmap for digital transformation: A literature review // Procedia Computer Science. – 2020. – Vol. 175. – P. 621–628.
3. Rozenberg I.N. Informatsionnaya situatsiya kak slozhnaya sistema // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. – 2017. – № 3 (20). – S. 69–77.
4. Savinyh V.P., Cvetkov V.Ya. Geodannye kak sistemnyj informatsionnyj resurs // Vestnik Rossijskoj akademii nauk. – 2014. – T. 84, № 9. – S. 826–829.
5. Terekhov M.G. Cifrovoe pravo // Ekonomika. Pravo. Obshchestvo. – 2021. – № 3. – S. 67–70.
6. Minbaleev A.V. Aktual'nye problemy informatsionnogo prava v usloviyah cifrovoy transformatsii // Informatsionnoe pravo. – 2021. – № 1. – S. 23–27.
7. Kamalova G.G. Predely i ogranicheniya v informatsionnom prave Rossii // Nacional'naya bezopasnost' / Nota bene. – 2020. – № 2. – S. 11–30.
8. Ivannikov A.D., Tihonov A.N., Cvetkov V.Ya. Osnovy teorii informatsii. – Moskva: MAKSS Press, 2007. – 356 s.
9. El'sukov P.Yu. Informatsiya, umen'shayushchaya neopredelennost' i informatsiya, uvelichivayushchaya soderzhatel'nost' // Obrazovatel'nye resursy i tekhnologii. – 2017. – № 3 (20). – S. 62–68.
10. Copot M., Bonami O. Behavioural evidence for implicative paradigmatic relations // The Mental Lexicon. – 2023. – Vol. 18, No. 2. – P. 177–217.
11. Cvetkov V.Ya., Chekharin E.E. Implikativnye otnosheniya v prostranstvennoj informatsii // Sovremennye informatsionnye tekhnologii: sbornik nauchnykh statej po materialam 9-j Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii. – Bargas, 2023. – S. 313–319.
12. O'Hearn P.W., Pym D.J. The logic of bunched implications // Bulletin of Symbolic Logic. – 1999. – Vol. 5, No. 2. – P. 215–244.
13. Xiao Z. et al. Supporting qualitative analysis with large language models: Combining codebook with GPT-3 for deductive coding // Companion Proceedings of the 28th International Conference on Intelligent user Interfaces. – New York, 2023. – P. 75–78.
14. Dit B. et al. Impactminer: A tool for change impact analysis // Companion Proceedings of the 36th International Conference on Software Engineering. – New York, 2014. – P. 540–543.