

Объектная модель правил дорожного движения

Менькин М. И.

Данная работа относится к области семантического анализа юридических документов. Под семантикой нормативно-правовых актов будем понимать отображение, на вход которого поступает текст нормативно-правового акта, а на выходе получается его формальная модель. В статье описывается один из возможных подходов построения формальной модели правил дорожного движения.

Ключевые слова: семантический анализ нормативно-правовых актов, прагматический анализ, построение формальных моделей.

1. Введение

Существует актуальная проблема автоматического извлечения знаний из текстов на естественном языке (ЕЯ). Целью настоящей работы является разработка аппарата извлечения знаний из нормативно-правовых актов (НПА) на примере Постановления Правительства «О правилах дорожного движения» [1] (далее — ПДД) для решения разного рода прикладных и теоретических задач. Будем считать, что мы правильно поняли смысл НПА, если по его тексту мы смогли построить некоторую формальную модель, описывающую этот НПА.

Для достижения цели необходимо сделать следующее:

- 1) разработать формальную модель, в которую будет преобразовываться текст;
- 2) автоматизировать процесс построения формальной модели по тексту;
- 3) решить практическую задачу (например, проверить непротиворечивость и полноту текста НПА на смоделированных данных) для демонстрации работоспособности модели;

- 4) получить теоретические оценки эффективности и адекватности модели.

Причиной рассмотрения именно юридического документа является формализованность структуры предложений и текста, а также ограниченность лексики (по сравнению с произвольным текстом на ЕЯ).

Примеры возможных практических применений результатов работы:

- создание вопросно-ответных систем для приёма или сдачи теоретического экзамена на знание ПДД;
- мониторинг дорожных ситуаций в реальном времени.

Если говорить о произвольных НПА, то их модели могут быть использованы при решении следующих задач:

- проверка реальных ситуаций и определение их «законности», «правильности» (т.е. их непротиворечивость НПА);
- проверка полноты знаний НПА при его применении к реальным ситуациям;
- проверка непротиворечивости частей одного НПА или разных НПА друг другу;
- синтез новых НПА (путём задания классов, их атрибутов, методов и правил взаимодействия).

Процесс программной реализации механизма извлечения знаний из текста можно условно разделить на несколько взаимосвязанных частей:

- 1) Морфологический (значимые компоненты слов);
- 2) Синтаксический (структурные отношения слов);
- 3) Семантический (содержательная компонента слов, смысл);
- 4) Прагматический (семантика по отношению к целям высказывания).

Иногда также выделяют фонетический этап (применительно к устной речи) и дискурсивный этап (анализ текста как акта коммуникации либо как текста конкретной предметной области) [2, 3].

В статье приводится прагматическая модель ПДД, в которую в дальнейшем будет преобразовываться текст из [1]. Данная часть работы заключается в определении основных сущностей документа, их атрибутов и правил взаимодействия. С точки зрения объектно-ориентированного программирования — это этап определения классов, их атрибутов и методов. С юридической точки зрения классы — это объекты и субъекты права, а методы классов — нормы права [4]. Дальнейшая автоматизация процесса извлечения знаний (через морфо-синтаксический анализ) будет основываться на приведении текста к модели, определённой на прагматическом этапе.

Следует отметить, что прагматический этап в некотором смысле независим от остальных ввиду уникальности каждой предметной области.

Идейно текущая работа пересекается с работами Е. М. Перпера по анализу юридических документов [5–8].

Автор выражает благодарность Э. Э. Гасанову за постановку задачи, бурное обсуждение и помощь в процессе работы.

2. Объекты ПДД

2.1. Основные понятия

Основные объекты ПДД — **дорога**, **транспортное средство (ТС)** и **манёвр**. Ввиду отсутствия в [1] определения термина «манёвр», дадим ему своё определение. Далее приведём необходимые нам определения по тексту ПДД:

Дорога — обустроенная или приспособленная и используемая для движения ТС полоса земли либо поверхность искусственного сооружения. Дорога включает в себя одну или несколько проезжих частей, а также трамвайные пути, тротуары, обочины и разделительные полосы при их наличии.

Проезжая часть — элемент дороги, предназначенный для движения безрельсовых ТС.

Полоса движения — любая из продольных полос проезжей части, обозначенная или не обозначенная разметкой и имеющая ширину, достаточную для движения автомобилей в один ряд.

Транспортное средство — устройство, предназначенное для перевозки по дорогам людей, грузов или оборудования, установленного на нем.

Преимущество (приоритет) — право на первоочередное движение в намеченном направлении по отношению к другим участникам движения.

Уступить дорогу (не создавать помех) — требование, означающее, что участник дорожного движения не должен начинать, возобновлять или продолжать движение, осуществлять какой-либо манёвр, если это может вынудить других участников движения, имеющих по отношению к нему преимущество, изменить направление движения или скорость.

Теперь введём свои определения.

Участок дороги (УД) — часть полосы движения, инвариантная относительно действующих на ней правил движения. На рис. 1 приведён пример УД: знак «Ограничение максимальной скорости» вносит новое правило движения (не превышать скорость), и поэтому этот знак определяет новый УД. Следующее событие, изменяющее правила движения (в нашем случае это знак «Падение камней»), определит новый УД, и т.д.

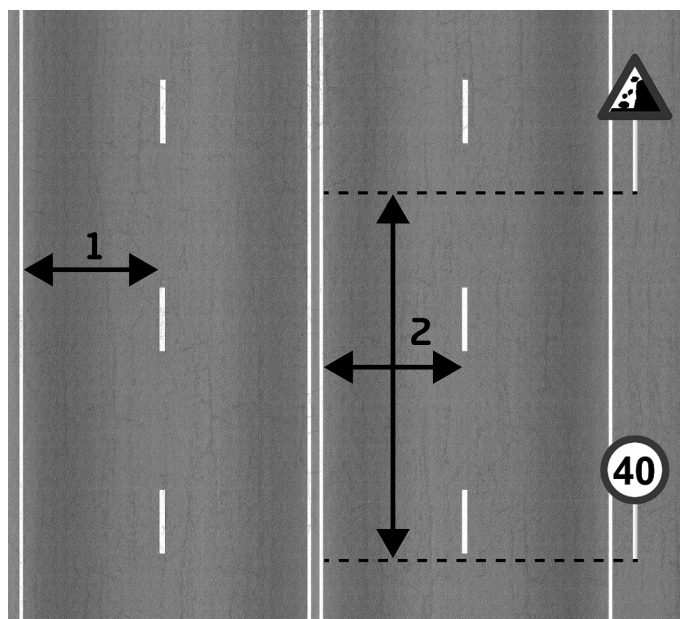


Рис. 1. Полоса движения (1) и участок дороги (2).

Граф дороги — раскрашенный граф $D = (V, E, P(i))$, где V — множество вершин, каждому элементу которого соответствует один УД, E — множество рёбер, каждому элементу которого соответствует одно отношение соседства «УД»–«УД» (т.е. ребром соединяем только примыкаю-

щие друг к другу УД), $P(i) = P_v(i) \times P_e(i)$ — множество цветов, $P_v(i)$ — атрибуты вершин в момент времени i , $P_e(i)$ — атрибуты рёбер в момент времени i . Рёбра из E , которые соединяют УД, принадлежащие одной полосе, ориентированы по направлению движения на этой полосе. На рис. 2 приведён пример разбиения дороги на УД (числами «1», «4», «9», «12» обозначены обочины, остальными — участки проезжей части), на рис. 3 — граф, соответствующий этому разбиению.

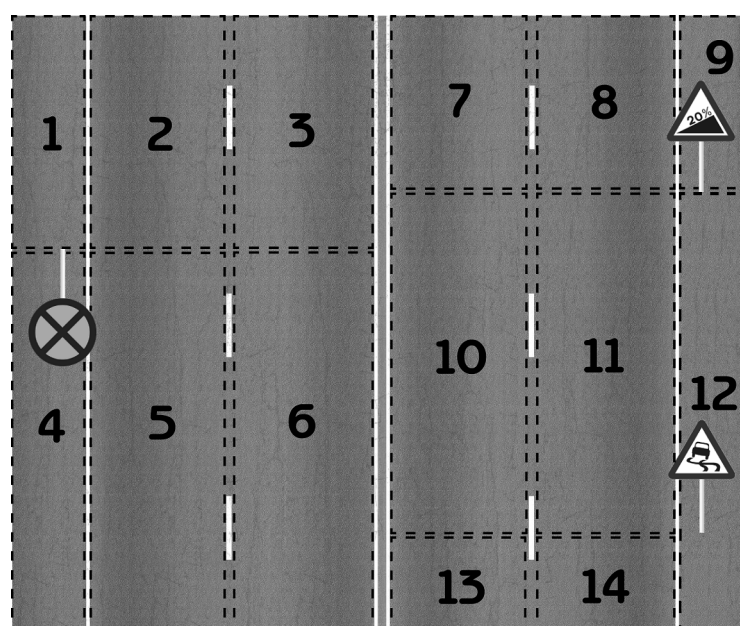


Рис. 2. Разбиение дороги на участки дорог.

Существование рёбер, и, как следствие, необходимость рассмотрения именно графовой модели, можно обосновать тем, что между парами УД возникают атрибуты, которые не существуют у УД по отдельности (например, горизонтальная разметка на дороге между двумя УД — это атрибут их отношения, или, иначе, цвет ребра графа дороги).

Манёвр — потенциально возможное действие ТС, в результате которого оно изменяет УД (например, меняет полосу движения, выезжает на перекрёсток или на УД с новым действующим знаком, и т.д.) или заметно изменяет свою скорость. В зависимости от дорожной ситуации, манёвр имеет статус «обязателен для исполнения» (например, манёвр «остановка» перед красным сигналом светофора), либо «допустим» (например, манёвр «опережение», если его выполнение не запрещено в данной до-

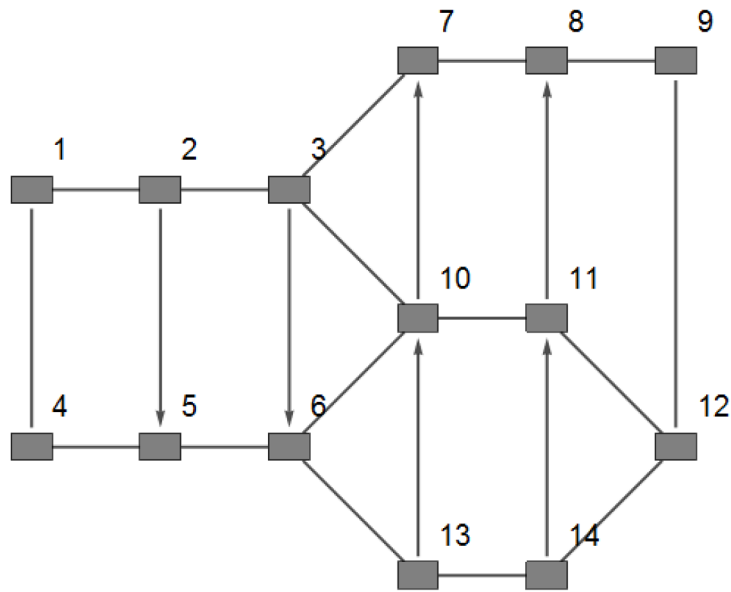


Рис. 3. Граф дороги.

рожной ситуации), либо «запрещён» (например, манёвр «разворот» в тоннеле).

Пусть $D = (V, E, P(i))$ — граф дороги, T — множество ТС, M — множество манёвров. Тогда *дорожная ситуация* (ДС) — это пятёрка $S = (D, M, T, f(i), g(i))$, где $f: T \times i \rightarrow V$ — функция позиционирования, которая в каждый момент времени i каждому ТС из T ставит в соответствие один УД из V , $g: T \times i \rightarrow M \cup \{*\}$ — функция назначения манёвра, которая в каждый момент времени i каждому ТС из T ставит в соответствие один манёвр из M . Если функция назначения манёвра принимает значение $*$, то это понимается как «манёвр неопределён». Множество T не обязательно должно содержать все ТС, которые находятся на дороге. Множество M не обязательно должно содержать все возможные манёвры.

Разрешение дорожной ситуации для данного транспортного средства — определение всех допустимых манёвров для данного ТС в данной ДС.

Разрешение дорожной ситуации — разрешение ДС для тех ТС, у которых значение манёвра неопределено.

Корректная дорожная ситуация — ДС, в которой для каждого ТС, у которого определён некоторый манёвр, этот манёвр входит в перечень

допустимых манёвров (т.е. таких манёвров, которые не противоречат в данной ДС существующим ПДД).

Задачами ПДД является разрешение либо определение корректности произвольных ДС.

В следующих подразделах перечислим объекты модели и их атрибуты, выделенные из ПДД (списки неполные и будут дополняться). Для атрибутов используются следующие условные обозначения:

- `bool` — булев тип;
- `int / int[]` — целочисленный тип / список целочисленных типов;
- `enum` — перечисляемый тип.

При программной реализации перечисленные ниже атрибуты будут являться переменными класса.

2.2. Дорога

В [1] дано слишком общее определение термину «дорога». На практике для разрешения ДС используется лишь небольшая часть всей дороги. Поэтому мы под дорогой будем понимать ту часть дороги, которая имеет, либо не имеет горизонтальной разметки, и которая содержит фиксированное количество полос движения для ТС.

При перечислении атрибутов в скобках укажем номер пункта ПДД, в котором встречается данный атрибут (номер пункта приводится в качестве примера, использование данного атрибута в тексте ПДД может быть не единственным). В случае если атрибут напрямую не проговаривается в документе, но подразумевается и важен для моделирования ДС, в скобках вместо пункта пишем фразу *модельный атрибут*.

- `int`: количество проезжих частей (п. 1.2)
- `int[]`: количество полос движения на каждой проезжей части (п. 1.2)
- `bool`: наличие реверсивных полос (п. 9.8)
- `bool`: наличие горизонтальной разметки (п. 1.2)
- `bool`: наличие тротуара (п. 1.2)
- `bool`: наличие обочины (п. 1.2)
- `bool`: наличие трамвайных путей (п. 1.2)

- bool: наличие пешеходной дорожки (п. 1.2)
- bool: наличие велосипедной дорожки (п. 1.2)
- bool: наличие железнодорожного переезда (п. 15.1)
- enum: движение правостороннее / левостороннее (в России — правостороннее, п. 1.4)

2.3. Участок дороги

Перечислим некоторые атрибуты УД. Атрибуты, которые изменяются в течение времени, будем называть состояниями.

- int: скорость максимальная (на данном участке дороги), км/ч (модельный атрибут, зависит от атрибутов УД и ТС)
- int: длина, м (модельный атрибут)
- int: ширина, м (модельный атрибут)
- enum: (перекрёсток / поворот) принадлежность одной / двум дорогам (модельный атрибут)
- enum: тип УД (проезжая часть, тротуар, обочина, трамвайные пути, железнодорожный переезд, велосипедная дорожка, пешеходная дорожка) (п. 1.2)
- bool: перекрёсток (п. 8.8)
- enum: (перекрёсток) регулируемый / нерегулируемый (п. 8.8)
- bool: пешеходный переход (п. 8.11)
- bool: тоннель (п. 8.11)
- bool: мост (на / под) (п. 8.11)
- bool: путепровод (на / под) (п. 8.11)
- bool: эстакада (на / под) (п. 8.11)
- bool: железнодорожный переезд (п. 8.11)
- bool: остановка маршрутного ТС (п. 8.11)

- bool: реверсивная полоса (п. 9.8)
- bool: жилая зона (п. 10.2)
- bool: населённый пункт (п. 10.2)
- bool: главная дорога (п. 11.4)
- bool: участок с ограниченной видимостью (конец подъёма / опасный поворот) (п. 11.4)
- bool: до железнодорожного переезда менее 100 м (п. 11.4)
- bool: уклон (п. 11.7)
- int[]: действующие знаки (п. 11.7)
- bool: наличие трамвайных путей (п. 12.4)
- bool: автомагистраль (п. 16.1)

Состояния:

- bool: наличие пешеходов (модельный атрибут; пешеходы, наравне с ТС, являются участниками дорожного движения, но т.к. у них нет своих атрибутов, кроме как принадлежать либо не принадлежать УД, мы представили их как атрибут УД)
- enum: интенсивность движения (п. 10.1)
- bool: наличие затора (п. 13.2)
- и т.д.

2.4. Транспортное средство

Некоторые атрибуты ТС:

- int: длина, м (модельный атрибут)
- int: ширина, м (модельный атрибут)
- int: высота, м (модельный атрибут)
- enum: тип ТС (велосипед, мопед, гужевое, мотоцикл, легковое, грузовое, автобус, троллейбус, трамвай) (п. 1.2)

- bool: механическое ТС (п. 1.2)
- bool: гибридный автомобиль (п. 1.2)
- bool: электромобиль (п. 1.2)
- bool: (автобус) междугородний (п. 10.3)
- bool: (автобус) маломестный (п. 10.3)
- int: скорость максимальная, км/ч (техническая характеристика) (п. 10.5)
- bool: тихоходное (п. 11.6)
- bool: безрельсовое (п. 13.4)
- int: (грузовой) разрешённая максимальная масса, т (п. 16.1)
- bool: маршрутное (п. 18.2)

Состояния:

- int[]: запланированная траектория (важный модельный атрибут, необходим для разрешения ДС; в непротиворечивой и полной модели этот атрибут должен совпасть с прогнозируемой траекторией ТС)
- int[]: местоположение на УД (модельный атрибут)
- int: скорость текущая, км/ч (модельный атрибут)
- enum: подача сигнала поворота направо / налево (п. 8.1)
- bool: движение задним ходом (п. 8.12)
- bool: осуществление организованной перевозки групп детей (п. 10.3)
- bool: (на уклонах) движение на спуск / подъём (п. 11.7)
- bool: буксировка механического ТС (п. 20.1)
- bool: (грузовой) перевозка людей в кузове (п. 22.1)
- и т.д.

2.5. Отношения «УД»–«УД»

Перечислим атрибуты рёбер графа дороги.

- bool: (для последовательных УД проезжей части) наличие сужения либо расширения проезжей части (модельный атрибут)
- bool: (для последовательных УД проезжей части) наличие светофора (п. 6)
- bool: (для последовательных УД проезжей части) наличие регулировщика (п. 6)
- enum: (при наличии светофора) тип светофора (автомобильный, с дополнительной стрелочной секцией / секциями, для маршрутных ТС с бело-лунными или цветными сигналами, для железнодорожного переезда, для реверсивной полосы, для велосипедистов, для пешеходов) (п. 6)
- bool: наличие шлагбаума (п. 15.2)
- bool: наличие поднимающегося барьера (на железнодорожных переездах) (модельный атрибут)
- bool: (между параллельными УД встречного движения) наличие разделительной полосы (п. 9.9)
- bool: (между параллельными УД) попутное / встречное направление движения (п. 13.9)
- bool: (между параллельными УД) наличие бордюра (приложение 2)
- int[]: знаки (приложение 1)
- int[]: разметка вертикальная / горизонтальная (приложение 2)

Состояния:

- enum: (при наличии светофора или регулировщика) сигнал светофора / регулировщика (п. 6)
- bool: (при наличии шлагбаума) шлагбаум поднят / опущен (п. 15.2)
- bool: (при наличии барьера) барьер поднят / опущен (модельный атрибут)

2.6. Манёвры

Под манёвром будем понимать некоторую процедуру, на вход которой подаём ТС (относительно которого решается вопрос допустимости манёвра) и ДС. Выход метода: «обязателен для исполнения», либо «допустим», либо «запрещён». При программной реализации манёвром будет являться метод класса ТС.

Вопреки данному в [1] определению, *уступить дорогу* будем считать манёвром.

Перечень манёвров:

- начало движения (п. 8.1)
- перестроение (п. 8.1)
- поворот (п. 8.1)
- разворот (п. 8.1)
- остановка (п. 8.1)
- объезд (п. 9.2)
- обгон (п. 9.2)
- повышение скорости (п. 10)
- снижение скорости (п. 10)
- резкое торможение (п. 10.5)
- опережение (п. 11.5)
- уступить дорогу (п. 11.7) (сложный / условный манёвр; является комбинацией других манёвров, которая зависит от ДС; другими словами, этот манёвр — это совокупность других манёвров с условиями их применимости)

3. Формулы правовых норм ПДД

В зависимости от ДС у ТС и УД отличаются наборы атрибутов и допустимые манёвры ТС. Введём формулы двух основных типов правовых норм, определяющие ограничения на значения атрибутов и область определения манёвров.

3.1. Формула «Конструктор атрибутов»

Правовая норма вводит ограничения на значения атрибутов и состояний классов ТС и УД. Формула определяет новое значение атрибута в зависимости от других существующих атрибутов объектов ДС.

if ({Имя класса.Атрибут класса == Значение атрибута})
then (Имя класса.Атрибут класса := Значение атрибута)

Пример. Текст: (п. 10.3) «Вне населенных пунктов разрешается движение: <...>

2. междугородним и маломестным автобусам на всех дорогах - не более 90 км/ч; <...>».

Формула:

if (УД.Населённый пункт == *False*) **and** (Автобус.Маломестный == *True* **or** Автобус.Междугородный == *True*) **then** (Автобус.Максимальная скорость, км/ч := 90)

3.2. Формула «Конструктор манёвров»

Правовая норма определяет допустимость выполнения манёвра в данной ДС. Формула порождает новый метод, который мы добавляем в коллекцию методов. Порядок аргументов метода: (ТС; ДС), где ТС — это ТС, относительно которого определяется допустимость данного манёвра.

Название манёвра (ТС; ДС) := *z*,

где $z \in \{ \text{«обязателен для исполнения»}, \text{«допустим»}, \text{«запрещён»} \}$

Пример. Текст: (п. 13.6)

«Если сигналы светофора или регулировщика разрешают движение одновременно трамваю и безрельсовым транспортным средствам, то трамвай имеет преимущество независимо от направления его движения. <...>»

Формула (дорожная ситуация упрощена):

Уступить дорогу(ТС.Безрельсовое; ТС.Трамвай, УД.Регулируемый перекрёсток) := *обязательно для исполнения*

Уступить дорогу(ТС.Трамвай; ТС.Безрельсовое, УД.Регулируемый перекрёсток) := *запрещено*

4. Заключение

Предполагается, что в дальнейшем работа будет развиваться в двух направлениях. Первое — автоматическая обработка текста, второе — выявление непротиворечивости и полноты ПДД для разрешения ДС.

Список литературы

- [1] Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 N 1090 (ред. от 04.12.2018) «О правилах дорожного движения» // Консультант-Плюс
- [2] Новая философская энциклопедия в 4-х томах / Научно-ред. совет: Стёпин В. С., Гусейнов А. А., Семигин Г. Ю., Огурцов А. П. — М.: Мысль, 2000. — Том 1.
- [3] Jurafsky D., Martin J. H. *Speech and Language Processing*, 2nd Edition. — Prentice Hall, 2008.
- [4] Теория государства и права. Часть 2. Теория права: Учебник / под ред. М. Н. Марченко. — М.: Зерцало-М, 2011.
- [5] Перпер Е. М. Автоматическое построение модели нормативно-правового акта по его тексту // Тезисы докладов XXI Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Ломоносов 2014» — М.: 2014.
- [6] Кудрявцев В. Б., Гасанов Э. Э., Перпер Е. М. Автоматическая генерация программы, моделирующей нормативно-правовой акт // Интеллектуальные системы — М.: 2014. — Том 18, выпуск 2.
- [7] Перпер Е. М. О синтаксическом анализе юридических текстов // Интеллектуальные системы — М.: 2016. — Том 20, выпуск 2.
- [8] Перпер Е. М., Гасанов Э. Э., Кудрявцев В. Б. О семантическом анализе юридических текстов // Интеллектуальные системы — М.: 2018. — Том 22, выпуск 3.

Objects model of rules of the road

Mikhail Menkin

The present article deals with semantic analysis of legal documents. By legal document semantics we mean the mapping from legal document text to formal model. In this article, we describe one possible approach to formal modeling of rules of the road.

Keywords: semantic analysis of legal documents, pragmatic analysis, formal modeling.

