



---

# КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

---

УДК 001.57; 658.818; 681.3

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО УФО-МЕТОДА<sup>1</sup>

**О.М. ТУБОЛЬЦЕВА**  
**С.И. МАТОРИН**

*Белгородский  
государственный  
национальный  
исследовательский  
университет*

*e-mail:  
376310@bsu.edu.ru  
matorin@bsu.edu.ru*

Рассматриваются вопросы моделирования деловых процессов на максимально абстрактном уровне представления, когда потребляемые ресурсы и результаты выражаются в денежной (стоимостной) форме. Такая унификация облегчает понимание и позволяет органично включить в модели аспект финансовой аналитики.

Потребность рассмотрения моделей деловых процессов в формате «деньги, время» связано с необходимостью определения результата деятельности на самых ранних стадиях моделирования. В частности, именно ограничение затрат заставляет на более поздних стадиях моделирования и проектирования делового процесса определённым образом выбирать сырьё, технологии обработки, логистику и т.д. Поскольку модели данного типа являются относительно новыми, в качестве метода моделирования предлагается использовать специализированную версию УФО-метода.

Ключевые слова: системный подход, УФО-метод, моделирование деловых процессов.

---

Несмотря на впечатляющие успехи исследований в области искусственного интеллекта (ИИ) в прошлом веке, в начале века нынешнего сообщения о новых достижениях в этой сфере практически пропали со страниц как научно-популярных, так и научных изданий. Оказалось, что перейти от результатов исследований к решению прикладных практических задач гораздо сложнее, чем предполагалось [1].

Одной из причин возникших затруднений является чрезвычайная сложность моделирования средствами современной вычислительной техники явлений и процессов естественного интеллекта, в первую очередь, в связи с недостаточной изученностью последнего. В настоящее время выход из сложившейся ситуации специалисты в области ИИ видят в создании моделей для очень узких предметных областей, что является одной из приоритетных задач развития методов ИИ на современном этапе. Так, например, в план своей работы Лаборатория искусственного интеллекта Массачусетского технологического института (<http://www.ia.mit.edu>) ставит следующий пункт: «1.1. Разработка новых моделей представления знаний для узкоспециализированных предметных областей» [2, с. 24]. Современная точка зрения на ИИ состоит в том, что это – междисциплинарная прикладная область исследований [2, с. 29], при этом термин

---

<sup>1</sup>Исследования поддержаны грантами РФФИ 14-07-00149; 13-07-00096



«прикладная» подчёркивает тот факт, что понятие ИИ само по себе, в отрыве от компьютерных наук и практически важных прикладных задач, бессодержательно.

Методы ИИ ориентированы на использование знаний. Под знанием в теории ИИ понимается совокупность информации и правил вывода (у индивидуума, общества или системы ИИ) о мире, свойствах объектов, закономерностях процессов и явлений, а также правила использования их для принятия решений. Существуют и используются на практике различные модели представления знаний: основанные на продукциях, семантических сетях, фреймах и многочисленные комбинированные модели. Сравнительно недавно разработана системно-объектная модель представления знаний «Узел-Функция-Объект» (**УФО-модель**) [3, 4], представляющая собой триединую модель знаний о системе с точки зрения структуры надсистемы (**Узел**), её роли в надсистеме (**Функция**) и её субстанции (**Объект**).

Существующие модели представления знаний, как правило, имеют средства инструментальной поддержки. Широко известны и используются на практике такие инструменты для описания, имитации и анимации деловых процессов (бизнес-процессов), как: AnyLogic, Business studio, Casewise Corporate Modeler Suite, IBM WebSphere Business Modeler, ERwin Process Modeler (старое название — BPwin). Разработка и анализ УФО-моделей поддерживается программным инструментом «UFO-toolkit» (<http://www.ufo-toolkit.ru>).

Такой интерес к развитию методов моделирования деловых процессов с применением ИИ объясняется возрастающей сложностью экономических и производственных систем и, как следствие, сложностью их понимания со стороны инвесторов, клиентов, персонала. Моделирование деловых процессов (бизнес-процессов) используется для донесения широкого спектра информации до различных категорий пользователей. Модели деловых процессов, выполненные в некоторой графической нотации, помогают различным пользователям быстро понимать процесс и легко ориентироваться в его логике.

Разнообразие методов моделирования деловых процессов связано с тем, что первоначальные попытки создания моделей во всей полноте отражающих существенные аспекты моделируемых систем значительных результатов не дали. Так, методология ARIS требует создания нескольких десятков диаграмм, в разных аспектах характеризующих организацию и её деятельность. Применяемая нотация является сложной для понимания и требует предварительного изучения [5, 6].

Сложность методологий, подобных ARIS, не только затрудняет их использование, но и снижает ценность создаваемых моделей ввиду сложности и неоднозначности их интерпретации. Поэтому вполне осознана необходимость разработки моделей (что нашло отражение в плане работ Лаборатории искусственного интеллекта Массачусетского технологического института), отражающих работу организации в одном каком-то аспекте, а не во всей полноте сразу. При рассмотрении деловых процессов трудно выделить аспект более важный, чем финансовый.

Важность моделирования деловых процессов в финансовом аспекте определяется следующими обстоятельствами:

- целью делового процесса является, как правило, определённый финансовый результат;
- очень часто ограничения делового процесса связаны с вопросами финансирования;
- модель делового процесса существенно упрощается за счёт унификации (затраты всех видов представляются в единой денежной форме).

Таким образом, рассмотрение делового процесса в формате «Деньги, Время» (для краткости **ДВ-формат**) и моделирование его в этом формате, не только отражает одну из главных тенденций ИИ: развитие моделей представления знаний для узкоспециализированных предметных областей, но и важно с практической стороны. По сути, значительная часть бухгалтерского учёта выполняется в этом формате, и только аналитика требует более конкретного описания материальных потоков.

Рассматривая графо-аналитические модели деловых процессов в некотором формате представления данных как их описание, сделанное средствами определённой знаковой системы с целью изучения характеристик или аспектов поведения этих процессов, необходимо сформировать нормативную базу метода моделирования. Метод графо-аналитического моделирования в основном определяют три аспекта: синтаксис, семантика и прагматика.

В стандарте метода IDEF0 синтаксис весьма прост и состоит из прямоугольников, соединённых стрелками (рис. 1).

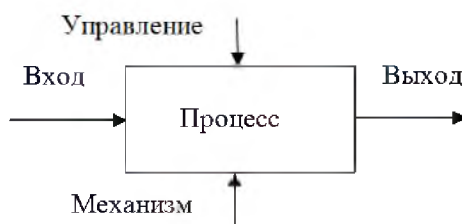


Рис. 1. Базовые элементы графической нотации IDEF0

Синтаксис определяет простейшие знаки и правила образования из них сложных (составных) знаков. Выбор графической нотации очень важен при создании инструментов моделирования: если знаковая система сложна – её трудно понимать, а если чрезмерно проста – её выразительных возможностей не хватит для описания всего многообразия фактов и зависимостей предметной области.

Семантика знаковой системы определяет смысловое содержание знаков. Так, в стандарте метода IDEF0 прямоугольники обозначают сами деловые процессы или отдельные операции, входящие в процесс, а четыре типа стрелок – входы, выходы, механизмы и управления процесса.

Прагматика знаковой системы устанавливает независимые от контекста правила использования знаков. Например, можно ли в IDEF0 диаграммах выходы одного процесса направить в качестве управления для другого процесса и т.п.? Прагматический аспект знаковой системы важен для практического применения, но он часто уходит на второй план при разработке средств инструментальной поддержки методов создания графо-аналитических моделей. Специалисты отмечают недостаток внимания к этому аспекту моделирования, несмотря на то, что именно им определяется качество и адекватность моделей.

Разрабатывая метод графо-аналитического моделирования деловых процессов, следует сначала провести анализ требований, как к самому методу, так и инструментам поддержки. Можно выделить следующие требования, невыполнение которых значительно снижает полезность метода и инструментальной поддержки:

- должен обеспечиваться требуемый уровень детализации деловых процессов (обычно обеспечивается возможностью декомпозиции модели);
- выразительных возможностей знаковой системы, используемой в методе моделирования, должно быть достаточно для описания основных фактов и ситуаций предметной области;
- валидация модели на предмет возможности её реализации в контексте ограничений предметной области;
- инструменты поддержки метода моделирования деловых процессов должны иметь средства имитации делового процесса.

Из упоминавшихся выше инструментов поддержки моделирования деловых процессов указанным требованиям в полной мере удовлетворяет AnyLogic, но это обеспечивается не столько методом моделирования, сколько программированием на встроенном в AnyLogic языке.

Учитывая, что метод моделирования в терминах «Узел-Функция-Объект» (**УФО-метод**) позволяет эмулировать большинство методов представления знаний о деятельности организации (т.е. методов моделирования бизнес-процессов) [7], и



удовлетворяет в значительной степени перечисленным выше требованиям, рационально использовать его в качестве прототипа разрабатываемого метода создания графо-аналитических моделей деловых процессов в ДВ-формате. Точнее, покажем, что можно осуществить специализацию УФО-метода так, чтобы в результате получить знаковую систему, позволяющую давать описание широкому спектру деловых процессов.

Поддержку специализированного в ДВ-формате УФО-метода (кратко **ДВ-УФО-метода**) можно осуществлять как с помощью специальной библиотеки инструмента «UFO-toolkit» (которую следует для этой цели разработать), так и путём создания его узкоспециализированного аналога. Рассмотрим графическую нотацию УФО-метода (рис. 2), как знаковую систему, на базе которой должна создаваться нотация ДВ-УФО-метода и специализированная библиотека ДВ-УФО-элементов.

Синтаксис графической нотации УФО-метода прост: в качестве терминальных (атомарных, алфавитных) элементов используются прямоугольники и стрелки. В отличие от ERwin/BRwin в «UFO-toolkit» вопросы синтаксиса и семантики не смешиваются, и тип связи (потока) не определяется портированием (присоединением) стрелки к одной из сторон прямоугольника. Семантика УФО-метода, напротив, значительно богаче семантики IDEFO, что обеспечивается наличием не четырёх типов связей (потоков), как в ERwin/BRwin, а возможностью определения любого необходимого числа связей, требуемого типа.

Типы связей организованы иерархически: корень иерархии – узел L (**Link**) содержит подчинённые узлы **M** (**М**атериальная связь) и **I** (**И**нформационная связь), которые, в свою очередь, на втором уровне иерархии определяют четыре типа связей – вещественную (**S**), энергетическую (**E**), связь по управлению (**C**) и связь по данным (**D**). Вязным является то, что в целях моделирования иерархия связей может быть продолжена, начиная с третьего уровня, для определения новых типов связи. На рис. 2. показаны две новые связи на третьем уровне ветви D: «Оплата кредита» и «Ипотечный кредит». Эти новые типы связей показаны на рис.2 справа, соединяя УФО-элементы «Заёмщик» и «Коммерческий банк».

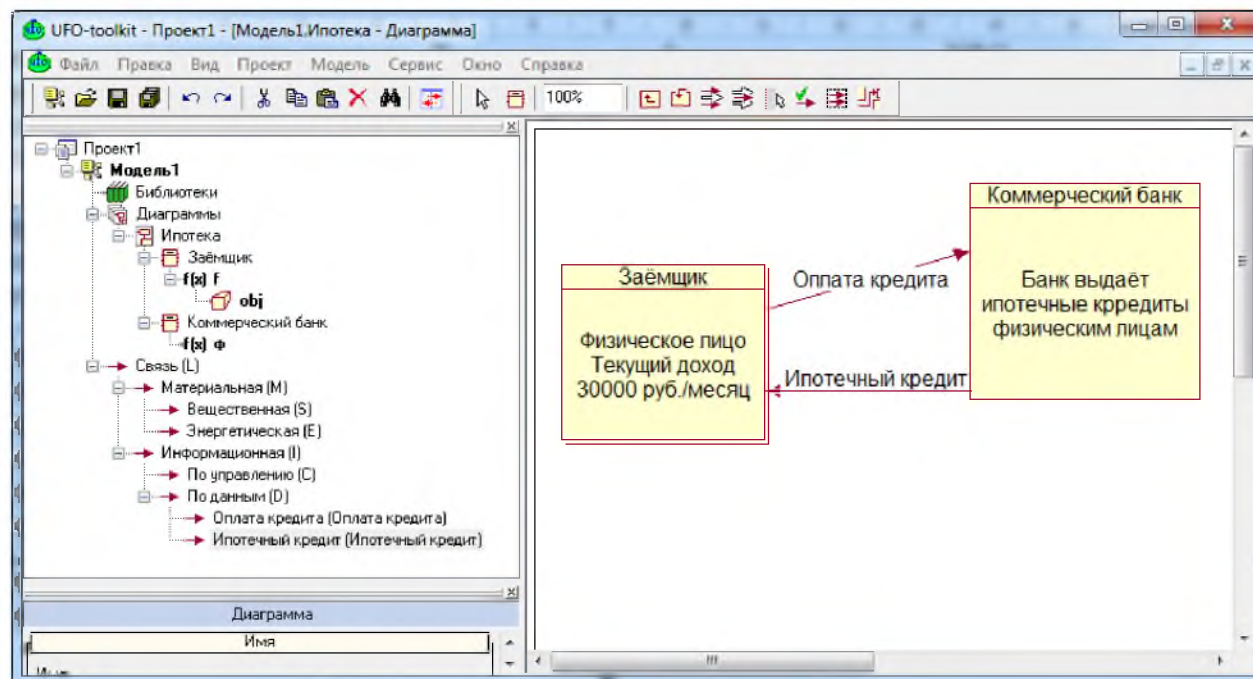


Рис. 2. Элементы графической нотации UFO-Toolkit

Выразительность графической нотации УФО-метода, определяется, в значительной степени, возможностью неограниченного расширения классификации связей, применяемых при моделировании. Прагматика нотации УФО-метода определяется пониманием организации или делового процесса как узла, для которого могут и должны быть определены функция и объект (т.е. как УФО-элемента). Это представление может быть формализовано при помощи теории паттернов Гренандера, исчисления процессов Милнера и исчисления объектов Абади-Кардели [8, 9].

Покажем, что УФО-метод позволяет моделировать деловые процессы с использованием ДВ-формата, определяя новый узкоспециализированный ДВ-УФО-метод. Для этого необходимо определить все компоненты графической нотации ДВ-УФО-метода, предусмотрев возможность использования специфических декларативных и процедурных знаний предметной области.

Прежде всего, отметим необходимость расширения множества алфавитных элементов. Применяемый в УФО-методе универсальный УФО-элемент слишком абстрактен, чтобы его можно было применять без дополнительных определений в узкоспециальной предметной области. Такие определения лучше всего давать не в контексте конкретной задачи моделирования, а при рассмотрении синтаксиса и семантики знаковой системы, задающей графическую нотацию ДВ-УФО-метода. При этом достигаются сразу две цели:

- унификация элементов моделей (во всех моделях используются одни и те же знаки);
- придание знакам нотации общеизвестного смысла (все пользователи понимают один и тот же знак одинаково).

Это позволит всем пользователям легко «читать» модель и понимать её единообразно, что крайне важно, учитывая, что это должны будут делать разные категории пользователей.

При определении терминальных элементов – знаков графической нотации ДВ-УФО-метода необходимо исходить из специфики предметной области моделирования деловых процессов с использованием ДВ-формата данных. Это означает (в особенности вследствие всё большего распространения электронных платежей), что в ДВ-УФО-моделях присутствует только один тип связей – связей по данным. Причем, сами данные представляют собой упорядоченные пары  $(x,t)$ , где  $x$  – величина материального актива или стоимость некоторой деловой операции в денежном выражении, а  $t$  – момент передачи материального актива или окончания деловой операции. Поскольку упорядоченные пары  $(x,t)$  иногда называют финансовыми событиями, то можно сказать, что в ДВ-УФО-моделях присутствуют связи только по финансовым событиям.

Помимо связей, в нотации должны быть знаки специализированных УФО-элементов. Анализ показывает, что для описания фактов и ситуаций предметной области ДВ-УФО-моделирования достаточно, по-видимому, следующих терминальных элементов:

- накопителей – временных хранилищ денежных средств;
- генераторов – граничных элементов модели, через которые поступают денежные средства;
- оффшоров – граничных элементов модели, через которые денежные средства безвозвратно уходят.

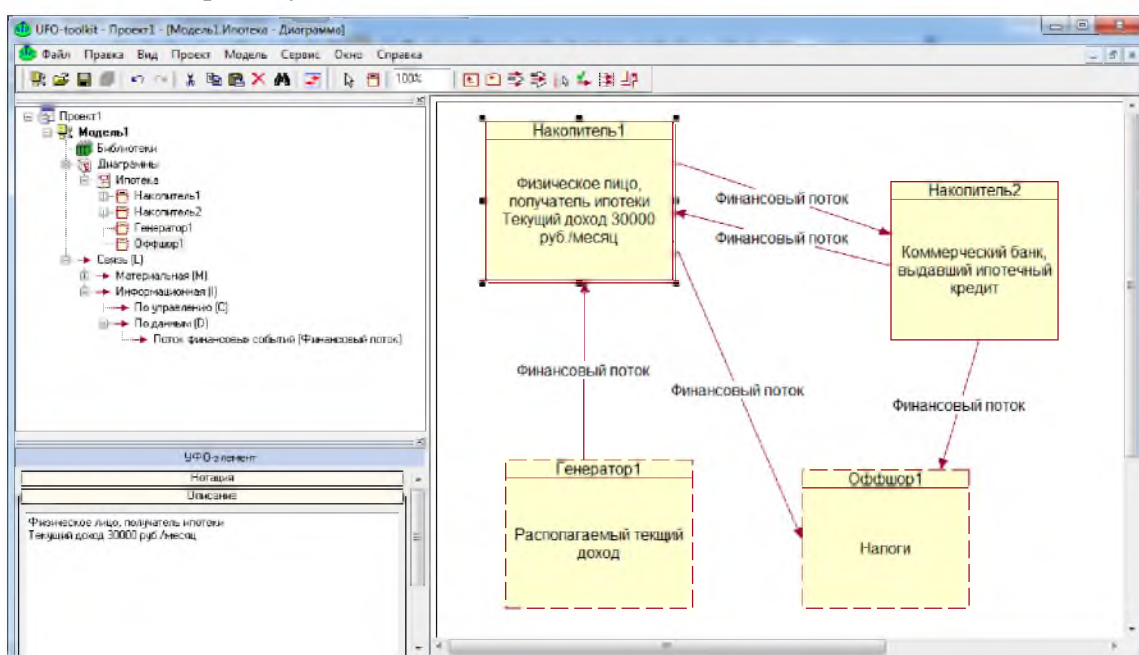


Рис.3. Ипотечный кредит (ДВ-УФО-модель)



На рис. 3 показана модель ипотечного кредитования физического лица (**Накопитель 1**) коммерческим банком (**Накопитель 2**).

В модели присутствуют все терминальные элементы графической нотации ДВ-УФО-модели:

- два накопителя, представляющие получателя ипотеки и коммерческий банк, выдавший кредит;
- один генератор – источник средств для погашения ипотечного кредита;
- один оффшор – граничный элемент модели, куда уходят деньги из делового процесса (в данном случае – это изъятие налогов на прибыль банка и подоходного налога получателя ипотеки);
- один тип связи по данным, представляющий потоки финансовых событий.

Отметим отличия синтаксиса нотаций ДВ-УФО-метода и его прототипа УФО-метода (эти отличия особенно важны для разработки инструмента поддержки ДВ-УФО-метода):

- вместо одного УФО-элемента в нотации ДВ-УФО-метода присутствуют три его специализации, обладающие различным смыслом и правилами использования;
- вместо четырёх типов связей УФО-метода в нотации ДВ-УФО-метода присутствует только один тип связей по данным: связь по финансовым событиям.

Семантика ДВ-УФО-метода достаточно проста и отличается от семантики УФО-метода большей детализацией, в которой учтена специфика предметной области:

- накопитель – это любой объект предметной области, в который денежные средства могут поступать, храниться какое-то время и который может эти средства расходовать в пределах накопленного;
- генератор – это граничный объект модели, через который денежные средства могут только поступать в моделируемый деловой процесс;
- оффшор – это граничный объект модели, через который денежные средства могут только уходить из моделируемого делового процесса;
- связь по финансовым событиям – это, по существу, информационный процесс передачи данных в ДВ-формате о затратах и результатах делового процесса, о приходе или расходовании денежных средств на счетах физических лиц или коммерческих организаций.

Прагматика ДВ-УФО-метода состоит из нескольких интуитивно очевидных правил использования знаков графической нотации и соотнесения их с объектами предметной области:

- элементы модели представляются терминальными знаками и только ими;
- элемент модели, имеющий входящие и выходящие связи, представляется накопителем;
- элемент модели, имеющий только входящие связи, представляется оффшором;
- элемент модели, имеющий только выходящие связи, представляется генератором;
- оффшоры и генераторы являются граничными элементами модели, и декомпозиции не подлежат;
- связи объединяются или расщепляются при прохождении через накопители.

Последнее требование может вызвать вопросы, поскольку в стандарте IDEFO, например, допускается расщепление стрелок «в воздухе». Поскольку это означает отсутствие какого-либо управления перераспределением денежных средств, то в ДВ-УФО-методе это запрещено. Данное требование вносит также ограничения в правила декомпозиции, и фактически означает невозможность входа (или выхода) потока в нескольких местах модели сразу.

Таким образом, можно утверждать, что применение системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект» позволяет предложить специализированную системную технологию (методику и инструментарий) моделирования деловых процессов, когда потребляемые ресурсы и результаты выражаются в денежной (стоимостной) форме, т.е. в ДВ-формате.



### Список литературы

1. Бобровский С. Перспективы и тенденции развития искусственного интеллекта [Электронный ресурс] URL: <http://www.pcweek.ru/themes/detail.php?ID=59005>
2. Смолин Д.В. Введение в искусственный интеллект. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 208 с.
3. Маторин С.И. Анализ и моделирование бизнес-систем: системологическая объектно-ориентированная технология / Предисл. Э.В. Попова. – Харьков: Изд-во ХНУРЭ. – 2002. – 322 с.
4. Жихарев А.Г., Маторин С.И., Маматов Е.М., Смородина Н.Н. О системно-объектном методе представления организационных знаний // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия История. Политология. Экономика. Информатика. – 2013. – № 8 (151). – Выпуск 26/1. – С. 137-146.
5. Репин В.В. Сравнительный анализ нотаций ARIS/IDEF и продуктов их поддерживающих (ARIS Toolset/BPWin) [Электронный ресурс] URL: [http://www.iteam.ru/publications/it/section\\_51/article\\_2518/](http://www.iteam.ru/publications/it/section_51/article_2518/)
6. Дубинина О. Методология моделирования и анализа бизнес-процессов ARIS: достоинства и недостатки [Электронный ресурс] URL: [www.nestor.minsk.by/sr/2005/06/sr50608.htm](http://www.nestor.minsk.by/sr/2005/06/sr50608.htm)
7. Зимовец О.А., Маторин С.И. Представление диаграмм в нотациях DFD, IDEFO и BPMN с помощью системно-объектных моделей «Узел-Функция-Объект» // Научные ведомости БелГУ. Серия Информатика. – 2011. – № 19(114). – Выпуск 20/1. – С. 126-136.
8. Жихарев А.Г., Маторин С.И. Метод формализации организационных знаний // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2011. – № 2. – С. 12-18.
9. Зимовец О.А., Маторин С.И. Интеграция средств формализации графоаналитических моделей «Узел-Функция-Объект» // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2012. – № 1. – С. 95-102.

## BUSINESS MODELING THROUGH A SPECIALIZED UFO-METHOD

**O.M. TUBOLTSEVA**  
**S.I. MATORIN**

*Belgorod State National  
Research University*

*e-mail:  
376310@bsu.edu.ru  
matorin@bsu.edu.ru*

Questions of business modeling at the highest level abstract representation when consumed resources and the results are expressed in money (cost) form. This commonality facilitates understanding and allows you to weave in the model aspect of financial analysts.

Need to consider models of business processes in the format "money, time" due to the need to determine the result of the activity at the earliest stages of modeling. In particular, it makes the cost limit in the later stages of the simulation and design of the business process in a certain way to choose raw materials, processing technology, logistics, etc. Since the model of this type are relatively new, as the modeling method is proposed to use a specialized version of UFO-method.

Keywords: systemic approach, UFO-method, modeling business processes.