

ЗАДАЧИ ПОСТРОЕНИЯ АГЕНТ-ОРИЕНТИРОВАННЫХ ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ

С.В. Дианов

Вологодский государственный университет
Россия, 160000, Вологда, ул. Ленина, 15
E-mail: dianov.sv@mail.ru

А.Н. Швецов

Вологодский государственный университет
Россия, 160000, Вологда, ул. Ленина, 15
E-mail: smithv@mail.ru

Ключевые слова: задачи пространственного размещения, агент-ориентированные системы, пространственные сети, системный анализ, системный синтез.

Аннотация: Рассматривается специфика и особенности агент-ориентированных пространственно-распределенных систем. Представлена концепция функционирования данного вида систем. В ней описаны основные компоненты систем данного вида. В соответствии с концепцией определены целевые установки при управлении системами и механизмы их обеспечения. Дана характеристика задач по формированию агент-ориентированных пространственно-распределенных систем, соответствующим заданным целевым установкам. Представлены существующие подходы к созданию пространственно-распределенных систем, рассмотрены их ограничения применительно к рассматриваемому типу систем и обозначены направления перспективных исследований. Приведены текущие результаты работ по обозначенным направлениям.

1. Введение

При принятии решений по формированию систем с пространственно-распределенной структурой необходимо учитывать множество факторов [1].

Во-первых, они относятся к разряду сложных систем. Сложные системы контринтуитивны, состоят из множества взаимосвязанных элементов, в которых действует большое количество факторов стохастической природы и неопределенности, причина и следствие в таких системах разнесены во времени и пространстве, краткосрочные решения требуют согласования с долгосрочными прогнозами.

Во-вторых, территориальные системы имеют, как правило, неоднородное пространственное распределение элементов. Со временем могут изменяться характеристики элементов системы, их количество, потребности и месторасположение, что может в свою очередь порождать необходимость реконфигурации систем.

В-третьих, характеристики территории влияют на возможности размещения элементов систем.

В-четвертых, активные элементы систем (агенты) могут создавать множество разнообразных связей при решении стоящих перед ними задач. Часть связей имеет, в том числе и пространственное измерение. В этом случае агенты вынуждены учитывать

дополнительные затраты (временные, финансовые и т.п.) при взаимодействии в рамках данных связей.

Специфика рассматриваемых систем позволяет отнести их к особому классу, в котором территориальное размещение объектов увязывается с их динамикой и активным поведением. Здесь базовое пространство является релевантным, а топология графа размещения объектов не содержит всей полноты информации о системе.

Сформулируем далее общую концепцию функционирования агент-ориентированных пространственно-распределенных систем и на ее основании определим задачи, которые необходимо решать при построении подобных систем.

2. Основная часть

Под понятием «пространственная среда системы» мы понимаем область некоторого пространства с набором параметров, которые оказывают влияние на элементы системы. Она характеризуется значениями параметров всех точек пространства:

$$SE(t) = \langle BS, \{AS\}^k, \{PS(BPS \in BS, \{VAS_1(t), \dots, VAS_k(t)\})\}^n \rangle,$$

где BS – область определения точек пространственной среды; t – момент времени; AS – параметр пространственной среды; k – количество параметров пространственной среды; PS – точка пространственной среды; n – количество точек пространственной среды; BPS – координаты точки пространства в пространственной среде; VAS_i – значение i -го параметра в точке пространственной среды.

В пространственной среде располагаются элементы системы (E). Их размещение связано с типом элемента (TE). Элемент может располагаться только в тех точках пространственной среды, значения параметров которых соответствует допустимому для данного типа элементов набору комбинаций значений параметров пространственной среды ($Pset$):

$$H(E(TE)) = \{PS(\{VAS\} \in \{Pset(\{V(AS)\})\})\},$$

где $H(E(TE))$ – множество точек пространства сети, в которых могут размещаться элементы с типом TE ; $V(AS)$ – значение параметра AS . При этом само размещение элемента в точках пространственной среды сопряжено с затратами ресурсов $\{R\}$. Таким образом, каждый вариант набора комбинаций значений параметров пространственной среды, связан с определенным количеством затрачиваемых для размещения некоторого типа элементов ресурсов:

$$Pset(V(AS)) \rightarrow Rset(TE, \{V(R)\}),$$

где $Rset(TE, \{VR(AS)\})$ – набор значений элементов множества R , связанный с элементами системы типа TE . В процессе размещения элементов могут изменяться значения параметров соответствующей точки пространственной сети. Величина изменений зависит от выбранного набора $Rset$.

В реальных системах количество мест размещения элементов ограничивается наличием имеющихся ресурсов. В результате образуется некоторое количество мест (узлов, U) размещения элементов в пространственной среде системы. Узел может размещаться в пределах одной точки или множества точек пространственной среды. Во втором случае его координаты определяются координатами всех точек, а при размещении в нем элемента системы для каждой точки должен быть выбран такой набор $Rset$, при котором значения параметров точек станут одинаковыми. Таким образом, на системном уровне для узла должны быть определены некоторый идентификатор (UID) и множество точек пространства его размещения:

$$U = \langle UID, \{PS\} \rangle.$$

В общем виде элемент системы можно определить следующим образом:

$$E = \langle EID, TE, \{AE\}^{TE} \rangle,$$

где EID – идентификатор объекта, $\{AE\}^{TE}$ – множество параметров элемента системы, определенное в соответствии с его типом.

Рассматриваемый вид систем характеризуется наличием активных элементов – агентов (E^A), формирующих системные процессы. Активность агента определяется возможностью элемента воздействовать на собственные параметры, либо параметры других элементов системы, а также порождать и уничтожать элементы системы. Активность проявляется через функционал агента. В процессе целеполагания осуществляется инициация функций агента на основе анализа текущих значений параметров элементов системы, в том числе собственных. При отработке функций агент может, как расходовать, так и получать ресурсы. Объем расходуемых и получаемых ресурсов зависит от параметров самого агента, а также параметров элементов функционального воздействия. Агент может быть представлен в следующем виде:

$$E^A = \langle EID, TE, \{AE\}^{TE}, \{f(\)\}, \{fi(\) \rightarrow f(\)\}, \{R\} \rangle,$$

где $\{f(\)\}$ – множество функций, реализуемых агентом; $\{fi(\) \rightarrow f(\)\}$ – множество функций инициирования активности агента.

В рамках функциональной активности агенты взаимодействуют с другими элементами системы. Взаимодействие осуществляется в пространственной среде системы, в которой агенты способны перемещаться. Движение агента может осуществляться в определенных точках пространства. Диапазон точек пространства, где агенты способны перемещаться (D) определяется типом агента. Он, так же как и место расположения агента определяется наборами комбинаций параметров пространственной среды:

$$H(E(TE)) = \{PS(\{VAS\} \in \{Pset(\{V(AS)\})\})\}.$$

Параметры перемещения определяются на основании значений параметров самого агента и значений параметров точки пространства, в которой осуществляется движение агента. При перемещении агент тратит ресурсы. Величина затрачиваемых ресурсов зависит от значений параметров точки:

$$Pset(V(AS)) \rightarrow Rset(TE, \{V(R)\}).$$

В пространственной среде системы может существовать множество возможных маршрутов перемещения агентов между узлами. В реальных системах их количество ограничивается. Между узлами создается определенное количество путей ($\{W\}$). Каждый путь агрегирует значения показателей точек пространства, через которые он проходит:

$$W = \langle WID, \{PS\}, \{WA = fa(PS(VAS))\} \rangle,$$

где WID – идентификатор пути; WA – параметр пути; $fa(PS(VAS))$ – функция агрегации параметров точек пространства прохождения пути.

При наличии ресурсов, параметры точки пространства могут быть изменены, что обеспечивает автоматическое изменение агрегированных значений параметров пути. Это, естественно, скажется на параметрах перемещения агентов по пути. При перемещении агент может изменять значения параметров пути. Величина изменений зависит от значений параметров агента и значений параметров пути:

$$WA(E^A, W) = f(\{AE\}, \{WA\}).$$

В силу существующего разнообразия систем рассматриваемого типа, для каждой из них могут быть определены различные целевые установки: сокращение выделяемых ресурсов на функционирование системы; увеличение ресурсов, производимых системой; сокращение временных затрат на выполнение агентами определенных

функций; количество инициированных, но не реализованных агентами функций; количество некоторого типа агентов с определенными значениями параметров и т.д.

Рассматривая целевые установки, можно констатировать, что их обеспечение связано со следующими элементами системы: формирование среды функционирования агентов (выбор мест размещения узлов и путей, а также определение значений их параметров); выбор необходимого количества агентов определенного типа с определенными значениями параметров; выбор мест размещения агентов; формирование механизмов поведения агентов. При этом необходимо учитывать динамические характеристики системы, связанные с ее открытостью (внешние интервенции): в системе могут появляться новые агенты; может происходить трансформация пространственной среды; может изменяться ресурсный потенциал, а также параметры его использования; могут изменяться целевые установки.

Сложность решения данных задач заключается в их связанности. Поэтому решение по формированию системы должно носить комплексный характер. Рассматривая существующие подходы к решению подобных задач, нужно отметить, что на сегодняшний день отсутствует определение агент-ориентированных пространственно-распределенных систем. Наиболее близким является понятие пространственных сетей, в которых структура системы определяется поведением активных элементов. Объектами изучения здесь являются местоположения, виды деятельности и потоки агентов, а также сети, развивающиеся во времени и пространстве. Однако основное внимание концентрируется на анализе существующих пространственных сетей, понимании деталей их формирования и развития. В рассматриваемом нами случае основной фокус должен быть сосредоточен на обеспечении определенного качества функционирования пространственных систем в условиях динамики их развития и активного характера поведения элементов. И здесь актуальной задачей является разработка моделей, методов и алгоритмов построения агент-ориентированных пространственно-распределенных систем, обеспечивающих повышение эффективности и оперативности принимаемых решений при управлении их развитием. Отдельные аспекты решения обозначенной задачи рассматриваются в рамках методов системного анализа, дискретной оптимизации, теории графов, теории вероятностей, математической статистики, теории мультиагентных систем, геоинформатики, имитационного моделирования. Однако, многие важные моменты все еще остаются неясными. Существует актуальная потребность преодолеть ограничения оптимизационных моделей, предполагающих рациональность действий агентов и детерминированность в представлении сложной динамики пространственных систем. Данное направление работы предполагает получение новых научных результатов, связанных: с созданием общей концепции формирования агент-ориентированных пространственно-распределенных систем; с разработкой методологической и инструментальной базы по формированию агент-ориентированных пространственно-распределенных систем и оценке их эффективности; с практической апробацией предложенных подходов к формированию агент-ориентированных-пространственно-распределенных систем.

3. Заключение

В настоящее время авторами осуществляется практическая реализация обозначенных задач: предложена концептуальная модель агент-ориентированной пространственно-распределенной системы, в основе которой лежит концепция мобильных и стационарных сервисов и пользователей [2]; разработана архитектура среды формирования агент-ориентированных пространственно-распределенных

систем, определяющая основные элементы и процессы механизма их интерактивного синтеза [3]; дорабатывается методология построения агент-ориентированных пространственно-распределенных систем [4]; разрабатываются методы синтеза моделей агент-ориентированных пространственно-распределенных систем на основе онтологического подхода [5]; осуществляется практическая апробация отдельных аспектов построения систем, таких как методика построения систем и реализация имитационных моделей систем [6].

Значимость проводимых исследований заключается в формировании нового подхода к обобщению распределенных систем, при котором их динамика и поведение рассматривается в проекции автономности в определенной степени составляющих их элементов или компонентов как самостоятельных агентов.

Список литературы

1. Дианов С.В., Швецов А.Н., Дианов Д.С. Архитектура среды формирования агент-ориентированных пространственно-распределенных систем // Интеллектуально-информационные технологии и интеллектуальный бизнес (ИНФОС-2022): Материалы Тринадцатой Международной научно-технической конференции. Вологда, 29–30 июня 2022 года / Ответственный редактор В.А. Горбунов. Вологда: Вологодский государственный университет, 2022. С. 135-138.
2. Швецов А.Н., Дианов С.В., Дианов Д.С., Сидоренко К.Э., Зорин Д.А. Сервис-ориентированный подход к проектированию агент-ориентированных моделей оптимального пространственного размещения объектов инфраструктуры здравоохранения // Вестник Череповецкого государственного университета. 2023. № 1 (112). С. 79-99. DOI 10.23859/1994-0637-2023-1-112-6.
3. Дианов С.В., Швецов А.Н., Дианов Д.С., Рапаков Г.Г. Среда формирования агент-ориентированных пространственно-распределенных систем // Вестник Череповецкого государственного университета. 2023. № 3 (114). С. 7-18. DOI 10.23859/1994-0637-2023-3-114-1.
4. Швецов А.Н., Дианов С.В. Методика разработки агент-ориентированных моделей сложных систем // Вестник Череповецкого государственного университета. 2019. № 1 (88). С. 48-58. DOI 10.23859/1994-0637-2019-1-88-5.
5. Швецов А.Н., Дианов С.В. Использование онтологий в процессах синтеза агент-ориентированных моделей сложных систем // Перспективное развитие науки, техники и технологий: Сборник научных статей 9-ой Международной научно-практической конференции. Курск, 01 ноября 2019 года / Ответственный редактор А.А. Горохов. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 344-347.
6. Гулин К.А., Дианов С.В., Алферьев Д.А., Дианов Д.С. Проблемы агент-ориентированного моделирования формирования эффективной территориальной сети лесных дорог // Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2023. Т. 16, № 1. С. 68-84. DOI 10.15838/esc.2023.1.85.4.