

чает поддержание истинности предиката $\forall t_i R_4(t_i, t_i^-) \wedge \forall t_i R_5(t_i, t_i^+)$. Ложное значение предиката означает необходимость воздействия на объект управления, с целью приведения его в «Рабочее состояние». Таким образом, формализованная в данной работе задача управления уровнем сервиса является основой для построения стратегий и алгоритмов управления сервисами информационных систем.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ИТ Сервис-менеджмент, введение // «IT Expert», 2003.
2. Мелихов А.Н., Бернштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. – М: Наука, 1990.
3. Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии. – М: Изд-во МГТУ имени Баумана, 2005.

УДК 007

С.В. Астанин, Н.К. Жуковская

АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К МОДЕЛИРОВАНИЮ ПОВЕДЕНИЯ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Введение. В общей проблематике работ, связанных с разработкой различных годы интерес к оптимизации функционирования организационных систем постоянно растет. В первую очередь, это связано с разнообразием представителей данного класса: социальные, политические, экономические, производственные, общественные и т.д. В соответствии с [1], объединение людей, совместно реализующих программу или цель как, единое целое, называется организационной системой (ОС). Специфика управления в ОС заключается в необходимости учета и согласования в процессе управления интересов всех участников системы. При принятии решений, в таких системах неизбежно возникают конфликты, обусловленные противоречивыми интересами элементов. Оптимизация решений в условиях конфликта предполагает нахождение некоторого компромисса между интересами входящих в систему элементов. Решение подобной задачи, с точки зрения математики, является нетривиальным и предполагает различные постановки. В обычных экстремальных задачах речь идет о выборе решения одним лицом, и результат решения зависит от этого выбора, то есть определяется действиями только одного лица. В такую схему не укладываются ситуации, где решения, оптимальные для одной стороны, совсем не оптимальны для другой и результат решения зависит от всех конфликтующих сторон. В зависимости от специализации, научные работы, связанные с данной тематикой, отличаются как различными постановками задачи согласованного принятия решений, так и методами прогноза поведения организационных систем [2]. При этом следует отметить отсутствие единого подхода к моделированию поведения, различных по своему содержанию, но общих по своей форме, организационных систем.

Целью данной работы является анализ существующих подходов к моделированию поведения элементов организационных систем. За основу анализа подходов к моделированию поведения ОС принимаются следующие положения:

- 1) система существует, когда определена цель ее функционирования, объединяющая элементы как единое целое (системообразующий фактор);
- 2) цель конкретной системы установлена системой более высокого уровня;

- 3) элементы ОС активны, т.е. могут выбирать действия, обмениваться информацией;
- 4) каждый элемент ОС имеет собственные интересы;
- 5) игнорирование цели существования ОС ведет к ее распаду (отсутствие системообразующего фактора);
- 6) элементы ОС имеют собственные интересы, но стремятся, в первую очередь, реализовать цель существования системы (данный фактор ведет к компромиссу интересов).

1. Теоретико-игровые подходы. Среди теоретико-игровых подходов выделим кооперативные и иерархические игры.

Кооперативные игры формируют коллективное решение как результат совместных действий различных коалиций. Как правило, для моделирования поведения организационных систем, используются кооперативные игры с трансферабельной полезностью. Теорию кооперативных игр интересует в основном то, какие коалиции образуются в процессе игры и какие условия необходимы для устойчивого существования коалиций. Вместе с тем, в соответствии с постулируемыми выше положениями, при использовании такого подхода игнорируется системообразующий фактор ОС. При моделировании поведения ОС нас, в первую очередь, интересуют не механизмы образования коалиций, а согласованные решения всех элементов системы. Как отмечается в [3], объединение в коалицию, включающую всех игроков, представляет собой самое эффективное с точки зрения суммарной полезности поведение участников игры, однако устойчивость этой коалиции требует дополнительного исследования. Классическая теория рассматривает в основном супераддитивные игры. Главные вопросы, которые встают при их исследовании – это вопросы об условиях реализуемости максимальной коалиции N и справедливом распределении выигрыша $v(N)$ между игроками. Условием существования максимальной коалиции является понятие S -ядра, под которым понимается множество недоминируемых дележей игры. Это означает, если игроки пришли к такому дележу x выигрыша максимальной коалиции, что не существует дележа, доминирующего дележ x , то дележ x устойчив в том смысле, что никакой коалиции $S \subset N$ не выгодно отделяться от коалиции N и делить между членами этой коалиции выигрыш $v(S)$. Поскольку S -ядро кооперативной игры слишком часто оказывается пустым, были введены другие концепции решения. Так Дж. фон-Нейман и О. Моргенштерн [4] предложили рассматривать в качестве множества решений игры не отдельный дележ и даже не множество дележей, а множество подмножеств множества дележей, обладающих определенными свойствами. Каждое из этих подмножеств называется НМ-решением. Идея, которая лежит в основе НМ-решений – это стремление к внешней и внутренней устойчивости. Внутренняя устойчивость гарантирует равноправность дележей одного НМ-решения, то есть то, что в НМ-решении нельзя найти пару дележей, такую, что один из них доминирует другой. Внешняя устойчивость НМ-решения состоит в том, что для произвольного дележа найдется доминирующий его дележ, принадлежащий НМ-решению.

Между S -ядром кооперативной игры и ее НМ-решением имеется известная связь. Например, если S -ядро непусто и НМ-решение существует, то оно содержит S -ядро. Как S -ядро, так и НМ-решения связаны с устойчивостью поведения игроков. В реальности результатом игры является всегда единственное распределение выигрыша между игроками. Такое распределение может определяться третьим лицом (арбитром), в соответствии с определенными понятиями «справедливости». В этой связи Шепли была предложена концепция решения на основе операторов значений игры. Оператором значения игры называется отображение

$\varphi [v]$, ставящее в соответствие любой кооперативной игре единственный дележ из множества дележей, называемый значением игры [5].

Если в кооперативных играх предполагается, что игроки выбирают свои стратегии одновременно и однократно, то в иерархических играх существует фиксированный порядок ходов. Обычно считается, что управляющий орган (центр) обладает правом первого хода, то есть выбирает свою стратегию первым и сообщает ее другим участникам системы – производителям [6]. В двухуровневой игре, в зависимости от того, может ли центр рассчитывать на то, что ему станет известно действие (выбор) производителя, он может выбирать свою стратегию либо как в «обычной» игре (то есть в виде отображения имеющейся у него информации во множество действий), либо в виде «функции» от выбора производителя [6, 7] (то есть в виде отображения имеющейся у него информации во множество функций, отображающих множество действий второго игрока во множество действий первого), либо центр превращается в метаигрока, устанавливающего «правила игры» для остальных игроков [6, 7]. Для иерархических игр характерно использование максимального гарантированного результата (МГР) в качестве базовой концепции решения игры. При этом «пессимистичность» МГР (взятие минимума по множеству неопределенных параметров) компенсируется возможностью передачи информации между игроками, что, очевидно, снижает неопределенность при принятии решения.

При использовании иерархической игры как модели ОС опять не учитывается системообразующий фактор системы. Кроме того, упрощены взаимоотношения центра и производителей. Если центр, является системой более высокого уровня, то именно он ставит цель ОС, в состав которой входят производители. Если центр является элементом ОС (наряду с производителями), то все элементы должны учитывать цель ОС, что в реализации иерархической игры никак не отражается. Скорее, иерархическая игра выступает в роли модели управления составом ОС.

2. Теория активных систем. Основным методом исследований является теоретико-игровое моделирование, позволяющее предсказать поведение участников системы и выбрать управления, приводящие систему в наиболее предпочтительные с точки зрения выбранного критерия состояния [8]. Базовой моделью теории активных систем (АС) является двухуровневая статическая детерминированная АС, содержащая одного управляющего органа – центра на верхнем уровне иерархии и одного управляемого субъекта – активного элемента (АЭ) на нижнем уровне. Коллективное поведение агентов в такой системе описывается игрой – взаимодействием игроков (участников ОС), в котором полезность каждого игрока зависит как от его собственного действия (стратегии), так и от действий других игроков. Если, в силу гипотезы рационального поведения, каждый из игроков стремится выбором стратегии максимизировать свою целевую функцию, то, в случае нескольких игроков, рациональная стратегия каждого из них зависит от стратегий других игроков. Набор таких рациональных стратегий называется решением игры. В активных системах, управляемые субъекты обладают свойством активности, в том числе, свободой выбора своего состояния. Помимо возможности выбора своего состояния, элементы активной системы обладают собственными интересами и предпочтениями, то есть осуществляют выбор состояния целенаправленно [8]. В теории активных систем немаловажную роль играет понятие рефлексивной игры, под которой понимается игра реальных и фантомных (существующих в сознании других реальных или фантомных агентов представлениях о соответствующем оппоненте) агентов [9]. Исходом этой игры является информационное равновесие – совокупность действий реальных и фантомных агентов, являющихся их наилучшими ответами на

выбор оппонентами тех действий, которые тот или иной агент считает рациональными в рамках той информированности, которую он приписывает оппонентам. Таким образом, под рефлексией понимаются взаимные представления субъектов о представлениях, представлениях о представлениях и т.д.

В теории активных систем предполагается, что каждый агент точно знает целевые функции других агентов. Центр же знает только общий вид целевых функций, т.е. то, что они вогнутые и однопиковые. В зависимости от того, в каких сочетаниях разрешены взаимодействия, выделяют четыре класса моделей [2]:

1) нетрансферабельный ресурс, нетрансферабельная полезность (возможен только обмен информацией и совместное принятие решений);

2) трансферабельный ресурс, нетрансферабельная полезность (агенты могут перераспределять ресурс, но не полезность, например, ресурс – это деньги, а полезность – выполненная работа);

3) нетрансферабельный ресурс, трансферабельная полезность (ресурс агенты передавать не могут, но могут брать трансферты от других агентов за изменение своей заявки на ресурс);

4) трансферабельный ресурс, трансферабельная полезность (возможны как передача ресурса, так полезности, совместное принятие решений, совместное производство и купля-продажа ресурса за деньги).

С точки зрения моделирования ОС наиболее интересна первая модель. В теории активных систем основное внимание уделяется задачам управления в системе в зависимости от состава и структуры активной системы, целевых функций центра, информированности участников и других параметров [2]. Рефлексивные игры моделируются в рамках иерархических игр. При этом вопросы учета системообразующего фактора ОС и согласованных решений на этой основе не рассматриваются.

3. Многоагентные системы. Идея многоагентности предполагает кооперацию агентов при коллективном решении задач. В многоагентной системе агент, который не способен решить некоторую задачу самостоятельно, может обратиться к другим агентам. Другой вариант, когда необходима кооперация – это использование коллектива агентов для решения одной общей трудной задачи. При этом агенты могут строить планы действий, основываясь уже не только на своих возможностях, но и «думать» о планах и намерениях других агентов.

Для данного направления исследований характерно использование разнообразных подходов. В настоящее время предложено множество различных моделей коллективного поведения агентов. Как правило, каждая из моделей концентрирует внимание на нескольких аспектах такого поведения и рассматривает проблемы в соответствии с выбранной моделью самого агента. В первую очередь, можно выделить подходы, используемые в распределенном искусственном интеллекте, в теории игр, в теории коллективного поведения автоматов.

Так, процесс формирования кооперативного решения в рамках CPS-модели [10] включает четыре этапа: распознавание, формирование группы агентов, формирование совместного плана, совместные действия. Этап распознавания связан с определением необходимости кооперативных действий для отдельного агента. На втором этапе агентом осуществляется поиск партнеров, заинтересованных в совместных действиях. В случае успешности поиска формируется группа агентов, осуществляющих дальнейшую деятельность на основе некоторых, общих для всех, соглашений. На третьем этапе, с целью выработки совместного плана действий, агенты ведут переговоры. И, наконец, на четвертом этапе агенты действуют согласно выработанному плану, поддерживая взаимодействие на основе принятым на себя обязательствам.

С точки зрения моделирования организационных систем, наиболее интересны последние два этапа. Это определяется тем, что первые этапы связаны, либо с формированием организационной системы, либо с формированием команды (группы).

Многие ситуации, возникающие в многоагентной системе, находят подходящие аналоги в теории игр. Так, используются кооперативные игры, переговорные игры, игры в размещения, дифференциальные игры. Ранее отмечались недостатки использования кооперативных игр для моделирования организационных систем. Кроме того, как отмечается многими исследователями, ни одна из классических концепций теории кооперативных игр не применима к ситуациям неполной информированности игроков и/или динамическим играм с несовершенной информированностью.

Известно, что коллективы даже простейших автоматов, в которых каждый автомат преследует только свои примитивные цели, в целом способны решать очень сложные задачи [11]. При переходе к коллективу агентов, решающих некоторую общую задачу, в работах М.Л. Цетлина и его последователей для агентов сохраняется автоматный уровень сложности, а также принцип незнания о существовании других агентов. В моделях коллективного поведения автоматов агенты лишаются свойства автономности, их функционирование корректируется из некоторого центрального устройства управления, входящего в структуру среды. Это свидетельствует о том, что многоагентные системы, для которых принципиальным требованием являются децентрализация и автономность, не могут быть реализованы на уровне агентов автоматной сложности. Использование идеи коллективного поведения приводит к массе проблем. Среди них выделяют следующие: формирование совместных планов действий, возможность учета интересов агентов, синхронизацию совместных действий, наличие конфликтующих целей, наличие конкуренции за совместные ресурсы, организацию переговоров о совместных действиях, распознавание необходимости кооперации, выбор подходящего партнера, обучение поведению в коллективе, декомпозиция задач и разделение обязанностей, правила поведения в коллективе, совместные обязательства и т.д.

Заключение. Анализ подходов к моделированию поведения организационных систем показал, что они решают частные задачи, а многие не учитывают факт уже имеющейся организационной системы и, как следствие, игнорируют наличие системообразующего фактора. Данная ситуация приводит к необходимости поиска новых методов и гибридных подходов, основанных на учете как цели системы, так и частных интересов элементов. Причем все элементы системы вынуждены сотрудничать в рамках максимальной коалиции, т.к. отказ от взаимодействия ведет к распаду системы. Подобная позиция ориентирована на моделирование сложных систем управления, которые характеризуются следующими особенностями:

- ◆ «открытостью» по отношению к внешней динамической среде;
- ◆ наличием неравновесных состояний, что определяется несовпадающими и конфликтующими интересами элементов системы, связанных с решением задач в условиях ограниченных ресурсов;
- ◆ наличием цели системы;
- ◆ когерентностью поведения элементов системы, вызванной необходимостью согласованного функционирования;
- ◆ необратимостью процессов в системе, приводящих к созданию максимальной коалиции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Большой энциклопедический словарь. – М.: Большая Российская Энциклопедия, 2002. – 1456 с.
2. Губко М.В. Управление организационными системами с коалиционным взаимодействием участников. – М.: Изд-во ИПУ РАН, 2003. – 140 с.
3. Оуэн Г. Теория игр. – М.: Мир, 1971.
4. Нейман Д., Моргенштерн О. Теория игр и экономическое поведение. – М.: Наука, 1970. – 707 с.
5. Shapley L. S. A value for n-person games. In: Contributions to the Theory of Games II. Princeton University Press: Princeton, 1953, pp.307–317.
6. Гермейер Ю.Б. Игры с противоположными интересами. – М.: Наука, 1976.
7. Кукушкин Н.С., Морозов В.В. Теория неантагонистических игр. – М.: Изд-во МГУ, 1984.
8. Новиков Д. А., Петраков С. Н. Курс теории организационных систем. – М.: СИНТЕГ, 1999. – 108 с.
9. Новиков Д.А., Чхартушвили А.Г. Рефлексивные игры. – М.: Синтег, 2003. – 160 с.
10. Rao and M. P. Georgeff. Formal models and decision procedures for multi-agent systems. Tech. Rep. 61, Australian Artificial Intelligence Institute, Melbourne, Australia, June 1995.
11. Цетлин М.Л. Исследования по теории автоматов и моделированию биологических систем. – М.: Наука, 1969. – 316 с.

УДК 681.3

А.Э. Саак

ЛОКАЛЬНО СИММЕТРИЧНЫЕ ОПТИМАЛЬНЫЕ РАСПИСАНИЯ

Динамическое программирование планарных расписаний заданного массива координатных прямоугольных тетродов в заданной области Z^2 -плоскости – опирается на локальную оптимизацию последовательной аддитивной тетродной графики с целью минимизации внутренних пустот горизонтальной полосы операционного поля вычислительных ресурсов обоего рода – процессорных и временных, и последующей минимизации положения подвижной границы упомянутой полосы [1]. Проблема акселерации указанного динамического алгоритма расписаний и обобщения полосной локации на симметричную локацию аддитивной графики внутри координатного квадранта Z^2 -плоскости приводит к необходимости анализа на экстремум локально-симметричных, в том или ином смысле, множеств координатных тетродных элементов.

Элементарно-аддитивная без наложений суперпозиция массива координатных тетродов в пределах координатного объемлющего тетрода составляет задачу планарного расписания по отношению к упомянутому массиву [2]. Мы разделяем данную задачу на две стадии. К первой стадии решения задачи составления планарного расписания относим аддитивную графику массива данных координатных тетродных элементов с минимумом внутренних пустот в построенной суперпозиции и с минимальной площадью объемлющего графику координатного тетрода-выпуклой оболочки аддитивности тетродных координатных элементов. Ко второй стадии – относим алгоритмы, обеспечивающие невыход тетродной графики за пределы области расписания. В данной работе рассматривается первая стадия решения задачи построения планарного расписания. При этом объемлющий координатный тетрод, образующий выпуклую оболочку тетродной аддитивности, принимается в качестве точного объемлющего множества по отношению к упомянутой аддитивности.