



ИПМ им.М.В.Келдыша РАН • Электронная библиотека

Препринты ИПМ • Препринт № 86 за 2018 г.



ISSN 2071-2898 (Print)
ISSN 2071-2901 (Online)

Александров В.А., Балута В.И.,
Варыханов С.С., Карандеев А.А.,
Роднин Я.В.

Моделирование
антагонистических
конфликтов в парадигме
кибернетики третьего
порядка

Рекомендуемая форма библиографической ссылки: Моделирование антагонистических конфликтов в парадигме кибернетики третьего порядка / В.А.Александров [и др.] // Препринты ИПМ им. М.В.Келдыша. 2018. № 86. 22 с. doi:[10.20948/prepr-2018-86](https://doi.org/10.20948/prepr-2018-86)
URL: <http://library.keldysh.ru/preprint.asp?id=2018-86>

**Ордена Ленина
ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ
имени М.В.Келдыша
Российской академии наук**

**В.А. Александров, В.И. Балута, С.С. Варыханов,
А.А. Карандеев, Я.В. Роднин**

**Моделирование антагонистических
конфликтов в парадигме кибернетики
третьего порядка**

Москва — 2018

Александров В.А., Балута В.И., Варыханов С.С., Карандеев А.А., Роднин Я.В.

Моделирование антагонистических конфликтов в парадигме кибернетики третьего порядка.

В статье представлен новый подход к исследованию конфликтного взаимодействия в условиях высокой неопределённости обстановки, базирующийся на моделировании поведения интеллектуальных агентов. Пространство конфликта представляется в форме дискретного описания состояний участников и возможностей перехода между этими состояниями при совершении агентами действий. Излагаются принципы и приводятся примеры количественной оценки сравнительной значимости состояний, а также выработки на их основе рациональной стратегии поведения в конфликте.

Ключевые слова: моделирование конфликтов, антагонистический конфликт, суперкомпьютерное моделирование, условия высокой неопределённости

Vladimir Alekseevich Alexandrov, Viktor Ivanovich Baluta, Sergey Sergeevich Varykhanov, Alexander Andreevich Karandeev, Yaroslav Vladimirovich Rodnin

Simulation of antagonistic conflicts in the third-order cybernetics paradigm.

The article presents a new approach to the research of conflict interaction in conditions of high uncertainty of the situation, based on modeling the behavior of intellectual agents. The conflict space is represented in the form of a discrete description of the participants' states and the possibilities of transition between these states when agents perform actions. The principles and examples of a quantitative assessment of the comparative significance of states, as well as the development on their basis of a rational strategy of behavior in the conflict, are presented.

Key words: conflict modeling, antagonistic conflict, supercomputer modeling, conditions of high uncertainty

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 16-29-09550-офи_м.

Введение

Настоящая статья посвящена развитию и конкретизации концептуальных взглядов по аспектам суперкомпьютерного моделирования взаимодействия систем, которые были изложены в работе [1], применительно к проблеме моделирования конфликтного взаимодействия. В данном случае предметом исследования выступает сфера антагонистических конфликтов с учётом значимой неопределённости обстановки как среды взаимодействия субъектов конфликта. До сих пор при постановке подобных задач неопределённость трактовалась лишь в плане неоднозначности конкретного поведения конфликтующих субъектов [2], действующих в определённых условиях и по заданным правилам.

Обоснованию предлагаемых методов решения задач оптимизации поведения в антагонистическом конфликте с учетом существенной неопределённости обстановки и её динамики должно предшествовать теоретическое переосмысление содержания некоторых основных понятий конфликта через призму кибернетической теории и категорий системного анализа.

В самом названии подчеркнута отношение этой работы к недавно обозначенной области кибернетической науки. Хотя деление на «порядки» в кибернетике, которая в самом общем виде трактуется как наука об управлении системами, базирующемся на получении и обработке информации об их состоянии, весьма условно, тем не менее, оно позволяет выделить особенности предмета исследований и применяемых для этого средств. В свое время понятие кибернетики второго порядка было введено, чтобы подчеркнуть различие между кибернетикой наблюдаемых систем и кибернетикой наблюдающих систем. В кибернетике второго порядка наблюдатель сам рассматривается в качестве кибернетической системы, занимающейся построением модели другой кибернетической системы. В кибернетике третьего порядка предлагается [3] акцентировать внимание на интеллектуальной составляющей, на саморазвитии систем в процессе их функционирования, когда существенным фактором в выработке управляющих решений является осмысление ценностно-целевых ориентаций субъекта. Если в [3] обозначенные аспекты рассматриваются применительно к «экономической кибернетике», здесь аналогичный подход применяется в рамках «кибернетической конфликтологии»¹. На наш взгляд, подобная трактовка позволяет сконцентрироваться на наиболее эффективных методах и инструментах исследования конфликтных взаимодействий.

¹ Нужно подчеркнуть, что в данном случае речь идет именно об особенностях развиваемых подходов в рамках кибернетической теории в отличие от встречающегося в литературе термина «кибернетический конфликт» как элемента противоположных действий в киберпространстве и кибернетических войн.

В общем случае каждый из участников конфликта обладает своим собственным потенциалом, ресурсами, опытом, представлениями о сопернике и окружающем мире, основаниями для принятия решений, совершаемыми действиями. При этом возможности по воплощению в жизнь тех или иных решений ограничиваются как любым из перечисленных выше аспектов, так и действиями противостоящей стороны конфликта. В модели все эти аспекты и множество других факторов, влияющих на ход и исход конфликта, можно представить в виде некоторого фазового пространства состояний конфликта, а процесс взаимодействия сторон – в виде некоторой траектории в этом фазовом пространстве. Задача стратегически и тактически «правильного поведения» в конфликте с учетом как неопределённости обстановки, так и вероятных шагов противника сводится к построению оптимальной траектории в таком пространстве. Тем не менее, априорное построение такой траектории является, как правило, невыполнимой задачей, поэтому на первый план выдвигается необходимость анализа пространства конфликта с точки зрения выработки стратегии поведения и критериев принятия решений в ходе развития конфликта.

Обоснование и описание всех возможных и требующихся для решения задачи оптимизации поведения в антагонистическом конфликте аспектов во всей необходимой полноте и детальности является предметом дальнейших исследований. В рамках настоящей работы приводятся отдельные взгляды на формирование ключевых методических принципов, в частности:

- выявление в обстановке вероятных границ реализации состояний субъектов конфликта в фазовом пространстве конфликта;
- определение областей фазового пространства конфликта, обеспечивающих ситуационное превосходство либо характеризующихся ситуационной уязвимостью на основе анализа возможностей участников конфликта;
- формирование рекомендаций по эффективному воздействию на объекты обстановки для получения ситуационного превосходства.

Обзор методов и подходов к проблематике

Чтобы не вдаваться в пространное описание актуальности проблемы и существующих подходов, сошлемся на обобщение направлений развития научных представлений в области конфликтологии, которое приведено, например, в монографиях [2, 4].

Как уже отмечалось выше, в большинстве известных работ по моделированию антагонистических конфликтов рассматриваются закрытые системы, когда среда взаимодействия участников конфликта строго определена. В реальной жизни в большинстве случаев мы имеем дело с открытыми системами, когда условия самой среды взаимодействия участников

зависят от множества внешних факторов, а не только от действий сторон конфликта.

Именно поэтому постановка задачи разработки подходов к моделированию подобного класса конфликтов представляется актуальной и востребованной с точки зрения её дальнейшей реализации и исследования. К сожалению, найти аналогичные по постановке задачи работы авторам не удалось. Возможно, если они имеют место, то такого рода исследования носят преимущественно локальный характер.

В современной научной литературе в центре внимания находятся несколько другие аспекты проблемы конфликтного взаимодействия, в частности, исследование и моделирование развития социальных протестов, а также моделирование группового поведения людей в толпе. По-прежнему преимущество отдается моделям описательного характера.

В качестве характерных представителей первого из обозначенных направлений можно назвать работы [5, 6]. В них основное внимание уделяется анализу и эмпирическому обобщению больших объемов данных, получаемых в ходе наблюдений за развитием событий в обществе и поведением людей в отдельных социальных группах, построению на их основе прогнозно-аналитических или мультиагентных моделей.

Группа австрийских ученых в 2016 году опубликовала исследование [5], в котором напрямую рассматривала влияние социальных сетей и новостных агентств на протестные настроения среди населения.

Показано, что гражданские беспорядки (протесты, забастовки, митинги и прочие события) начинаются с небольших, ненасильственных протестов, которые вызываются какими-то конкретными проблемными событиями, а затем в ряде случаев перерастают в крупномасштабные бунты и беспорядки, что в значительной степени схоже с конфликтными ситуациями.

Своевременное выявление и прогнозирование возможности такого негативного развития событий имеет большое практическое значение, поскольку довольно часто подобные всплески протестного настроения и активности в обществе используются третьими силами для достижения своих собственных целей. Более того, разработаны и применяются методики умышленного разжигания таких конфликтов в обществе в интересах оказания внешнего давления на законные власти. Такого рода события сильно влияют на политическую обстановку и могут привести к значительным социальным и культурным изменениям.

В упомянутой работе проведен разбор гражданских беспорядков в шести разных странах латиноамериканского региона, имевших место в период с ноября 2012 года по август 2014 года. Исходные данные формировались из нескольких разнообразных источников данных, которые включали в себя анализ социальной, политической и экономической обстановки, провоцирующих возникновение гражданских беспорядков.

Авторами предложена некоторая модель прогнозирования реакции на соответствующий контент в средствах распространения информации, которая тестировалась путем сопоставления с отчетами и заключениями независимой группы экспертов в области социологии. Для выбора ключевых сообщений из различных наборов данных в сети интернет авторы использовали логистико-регрессионные модели на основе метода ЛАССО [7]. Одновременно авторами проанализирована относительная ценность тех или иных источников данных. Показано, что социальные сети и новости по сравнению с другими источниками данных намного более информативны. Именно эти источники как наиболее верно отражают, так и дают наибольший эффект в части формирования настроения населения. По итогам работы сделано заключение, что полученные в ходе проведенных исследований экспериментальным путем результаты и их сравнение с данными эмпирического моделирования демонстрируют эффективность предлагаемого метода прогнозирования гражданских беспорядков.

В том же году результаты аналогичных исследований были опубликованы авторами [6]. В работе излагается мультиагентная модель описания социальных процессов, построенная на основе анализа предлагавшихся ранее моделей с их адаптацией и доработкой на собранном авторами фактическом материале. Для параметризации и проверки модели авторы собирали информацию на реальных мероприятиях протеста, происходящих в Португалии, используя анкетные опросы, а также изображения и видео, чтобы вывести правила для задания коллективного поведения толпы и полицейской тактики. Для обоснования применяемых положений в указанной работе охарактеризован текущий уровень зарубежных исследований по моделированию конфликтов, содержится анализ возможностей и примеры применения мультиагентных технологий для моделирования социальных конфликтов на макро- и микроуровнях. Обсуждаются достоинства и недостатки имеющихся моделей конфликтов, в том числе антагонистических, на примере моделирования развития протестов, поведения толпы и гражданского неповиновения, конфронтации протестующих с полицией и вооруженными силами. Рассматриваются причины возникновения протестных настроений, модели поведения агентов в зависимости от интенсивности социального конфликта. Приводится классификация типов агентов, сопоставление различных способов описания их моделей.

Еще один подход, касающийся мультиагентного моделирования поведения толпы, но на базе клеточных автоматов, представлен в [8]. Эту работу можно отнести ко второму характерному тренду исследований. Хотя классическая форма однородного и синхронного клеточного автомата имеет ограниченную область применения, авторами продемонстрированы практически значимые примеры, где использованный подход хорошо себя зарекомендовал. Представлены основные технические аспекты крупномасштабного моделирования толпы, находящейся в условиях ограниченного пространства. Предложена специальная архитектура, а также шаблоны синхронизации

объектов и их иерархия в логическом и информационном слоях. Описан новый метод моделирования поведения агентов в конфликтных ситуациях. Приведены результаты моделирования поведения посетителей стадиона и некоторых других крупномасштабных объектов.

Аспекты кибернетического представления моделируемых систем

Концепция приводимых в этой работе результатов исследований базируется на представлении субъектов конфликта и самого конфликта в виде сложных интеллектуальных систем с целенаправленным поведением. Как уже упоминалось выше, для моделирования конфликтного поведения таких систем наиболее рациональным видится использование методов и инструментов кибернетической конфликтологии как кибернетики третьего порядка. Приведем аспекты кибернетического представления моделируемых систем, применяемые и адаптированные для разрабатываемого модельного подхода.

В частности, считается, что моделируемая сложная система должна обладать следующими свойствами:

- Иерархичность строения. Одним из факторов сложности является иерархичность представления систем, когда каждая система рассматривается как сложная в силу того, что ее представление есть композиция более простых подсистем. Соответственно, каждая из входящих в сложную систему подсистем при необходимости также может быть представлена в виде композиции взаимодействующих подсистем. Ключевым аспектом при иерархическом делении систем на подсистемы в рамках формируемого подхода является выделение субъективно более простых подсистем, которые, с одной стороны, оказывают существенное влияние на моделирование поведения системы и, с другой стороны, имеют значительные отличия друг от друга в особенностях модельного представления.
- Интеллектуальность поведения. Интеллектуальность заключается в возможности систем действовать целенаправленно, самообучаться и постоянно адаптировать своё поведение к текущей ситуации.
- Зависимость от ресурсов. Для достижения цели системе необходимы различные ресурсы, совокупность которых составляет её ресурсный потенциал. Ресурсный потенциал отражает ресурсную возможность достижения целей по определенной траектории. (Условно говоря, при большом потенциале можно «идти напролом», а при недостаточном требуется «тактика обходных манёвров»).

В связи с необходимостью обеспечения рационального модельного представления каждая сложная подсистема декомпозируется на субъективно более простые подсистемы. Подсистемы в модели связываются между собой таким образом, чтобы в ходе моделирования динамики системы путём

реализации динамики составляющих её подсистем обеспечивалось сохранение свойств системы как целого.

При применении вышеозначенных положений субъект конфликта можно описать в виде совокупности взаимосвязанных подсистем, где каждая подсистема субъекта находится в своем локальном подпространстве состояний и действует как интеллектуальная система, а именно: корректирует и адаптирует при необходимости собственную модель мира, включая, в том числе, и систему собственных ценностных установок, благодаря чему оптимизирует своё поведение для достижения цели с учетом всевозможных ограничений, поступающих в неё извне.

Одной из рациональных декомпозиций состояний субъекта конфликта является декомпозиция его подсистем на такие взаимосвязанные составляющие, которые отражают функциональное состояние и пространственное положение.

Функциональное состояние – это совокупность значений характеристик субъекта, обеспечивающих возможность его перехода в другие определённые состояния, искусственно выделяемая в рамках исследования конкретного конфликта и/или определённого типа конфликтов.

Пространственное положение отражает место объекта в некотором подпространстве его состояний, соотносящееся, с одной стороны, с определёнными характеристиками состояний объектов, и, с другой стороны, в пределах которого (подпространства) выполняются следующие базовые требования:

- в одной точке пространства одновременно не может быть больше одного объекта;
- внутренние свойства объектов не изменяются при переносе и повороте.

Интеллектуальное поведение трактуется как следующая фаза развития адаптивного поведения, характеризуемое способностью к изменению поведения агента в зависимости от изменений среды функционирования. Если адаптивное поведение реализуется как простое приспособление, обеспечиваемое обратной связью, то интеллектуальное обеспечивается более сложной его разновидностью – приспособлением посредством обучения. При реализации этого аспекта модели необходимо решать два класса задач управления: управление внутренней организацией системы и управление её функционированием.

Для описания функционального состояния субъекта конфликта его глобальная траектория достижения цели формируется как композиция траекторий взаимосвязанных его элементов, каждый из которых осуществляет достижение поставленных ему целей в рамках ситуативных ограничений (в том числе, проецируемых с вышестоящих уровней управления) в пределах соответствующего его функциям подпространства состояний. При этом достижение цели объектом в целом обеспечивается согласованным функционированием всех его элементов.

Методология анализа конфликтов

Предлагаемую методологию анализа и моделирования конфликтов предлагается строить, как отмечено выше, на кибернетической конфликтологии. В первую очередь, подчеркивание этого обстоятельства объясняется необходимостью специфической формализации описательных моделей конфликта, которые имеют место в большинстве гуманитарных научных направлений, связанных с изучением конфликтов. Кибернетическое представление позволяет опираться на использование для синтеза решений инструментов, базирующихся на естественнонаучном понимании процессов интеллектуальной деятельности, на хорошо развитых аппаратах математического анализа, линейной алгебры, геометрии выпуклых множеств, теории вероятностей, математической статистики, а также на таких прикладных областях математики, как математическое программирование, эконометрика, информатика и другие производные дисциплины, требующиеся для связи положений традиционной конфликтологии с технологией формализованного анализа.

Объектом исследования предлагаемой методологии является фазовое пространство состояний участников конфликта как совокупность их состояний и их взаимодействия, включая их поведение, моделируемое с помощью интеллектуальных агентов.

Другими словами, при моделировании субъектами конфликта выступают интеллектуальные агенты, активные и целенаправленно действующие сущности в формализме сложных систем, стремящиеся достигать свои цели за счёт других субъектов конфликта. Интеллектуальный агент, с развитым внутренним представлением о внешней среде и возможностью «размышлять», может анализировать различные ситуации, предсказывать возможные реакции на свои действия и действия других участников конфликта, делать из этого выводы, полезные для прогнозирования дальнейшего развития конфликта и, в результате, оптимизировать своё поведение в интересах достижения поставленной цели путем формирования и корректировки в зависимости от ситуации неких промежуточных целей.

Глобальной (конечной) целью антагонистического конфликта является победа в нём. Достижение победы в конфликте означает приведение противника в такое состояние, в котором у того отсутствуют и возможность перехода в более благоприятное положение, и возможность угнетения потенциала другого субъекта. Частным случаем достижения победы является получение положения полного превосходства над противником или существенное изменение его целей и ограничений.

Соответственно, базовым ограничением поведения моделируемого субъекта конфликта при выборе им стратегии достижения цели является стремление избежать попадания в такие области пространства состояний, достижимость цели из которых маловероятна.

При практической реализации вышеописанной методологии приняты дополнительные упрощения:

- влияние субъективной составляющей оценки обстановки не учитывается, (в условиях существенной неопределённости она может увеличивать эту неопределённость);
- явное прогнозирование динамики не проводится (в силу высокой неопределённости она вряд ли даст требуемый эффект);
- не используется выявление инвариантов (оно слишком усложнено в силу большой размерности пространства анализа).

Содержательную часть предлагаемой методологии модельного анализа конфликтов можно свести к перечисленным ниже положениям. А именно:

- Цель исследования антагонистического конфликта – выявление оснований для выработки решений субъектами конфликта. За счёт выявленных оснований можно уменьшить размерность пространства поиска вероятных траекторий реализации конфликта.
- Под основаниями для выработки решений понимаются характерные стереотипные состояния, однозначно трактуемые субъектами в контексте конкретного конфликта.
- Характерные стереотипные состояния – такие состояния, которые однозначно определяют дальнейшее развитие конфликта. Например, положения, открывающие оперативный простор, состояния с высоким могуществом и т.д.
- Для выявления характерных состояний исследуются варианты траекторий достижения целей субъектами конфликта. При этом используется особый подход к построению траекторий и интерпретации их характеристик.
- Анализ взаиморасположения характерных состояний субъектов конфликта позволяет оценить их потенциалы в текущей ситуации.
- Анализ расположения характерных состояний по отношению к актуальному состоянию субъекта позволяет оценить наиболее вероятную направленность его действий в окрестностях текущего состояния.
- Оценка состояний субъектов отражает их взаимосвязанное состояние и не зависит от предыдущих их состояний.

Сущности и характеристики состояний субъекта конфликта

Для формирования практически ценных методик и инструментов анализа конфликтов и поиска путей оптимизации поведения субъектов в них конфликт имеет смысл рассматривать преимущественно с точки зрения теории систем, системного анализа и кибернетики. С этой позиции конфликт представляется как совокупность взаимодействий нескольких субъектов обстановки, направленных каждым из этих субъектов на достижение некоторого своего целевого состояния, в том числе, за счет оппонентов.

Для конфликтного взаимодействия интеллектуальных систем (или их элементов) характерны особые черты, которые в совокупности позволяют воспринимать и выделять такие конфликты среди множества других.

К важнейшим свойствам конфликта можно отнести следующие:

- слабая предсказуемость, как следствие невозможности точно предсказать траекторию конфликта;
- системная устойчивость конфликта;
- взаимная рефлексивность, когда субъекты конфликта стараются навязать оппоненту выгодную им стратегию поведения путем формирования у противника определённого представления о себе и своем оппоненте;
- кумулятивность, когда увеличение числа участников уменьшает вероятность его разрешения;
- квазипериодичность, при которой затухание конфликта не означает его разрешение (возможно, это лишь фаза накопления потенциала сторонами для следующей активной фазы);
- расширяемость, выражающаяся в стремлении конфликтов втягивать в свою сферу дополнительные сущности (субъекты, ресурсы и т.д.);
- неопределённость, означающая субъективные (неполные) представления участников о конфликте и его участниках;

Субъекты конфликта в форме интеллектуальных агентов не оперируют сущностями реального мира, а строят его субъективные модели на основании накопленных знаний, информации, получаемой с помощью своих сенсоров, анализа ключевых характеристик обстановки, которые и являются модельными представлениями действительности. Интеллектуальный агент при выработке решений должен опираться на следующие результаты анализа:

- субъективная оценка своего состояния по совокупности различных параметров;
- субъективная оценка рациональных траекторий достижения конечной и промежуточных целей;
- субъективная оценка затрат на достижение поставленных цели по данной траектории.

Формирование перечисленных представлений производится на основании анализа пространства конфликта. Для эффективного анализа пространства конфликта необходимо соответствующим образом препарировать пространства состояний субъектов конфликта. Другими словами, необходимо провести анализ топологии пространства состояний субъектов конфликта, оценить их по различным параметрам, позволяющим выделить в нём характерные зоны, существенным образом влияющие на относительное положение субъекта в конфликте.

В качестве параметров, позволяющих оценивать положение субъекта в конфликте, целесообразно ввести некоторые специальные обобщённые характеристики и методики их определения, позволяющие на основании

совокупности численных значений таких характеристик производить вышеперечисленные субъективные оценки модельными агентами. Понятно, что, исходя из особенностей рассматриваемого в какой-то конкретной задаче конфликта, текущее смысловое наполнение таких обобщенных характеристик может быть различным. Кроме того, для более глубокого учёта различных факторов при моделировании процессов оценки обстановки и интеллектуальной выработки решений агентами в ходе конфликта целесообразно вводить множество параметров, отражающих различные аспекты ситуации и необходимые для рациональной выработки решений агентами. Помимо очевидного параметра ресурсной обеспеченности траекторий (понятно, что при излишнем расходовании ресурсов некоторые траектории становятся нереализуемы) могут рассматриваться также положения превосходства, уязвимости, безвыходности и т.п.

Для демонстрации разрабатываемого подхода в настоящей статье приводятся результаты расчёта двух таких условных характеристик:

- «открытость к воздействиям» (воздействуемость),
- «свобода манёвра» (манёвренность).

Эти характеристики предназначаются для выявления отдельных качественных особенностей каждого из возможных состояний субъекта, учитываемых при оценке траекторий достижения цели.

Первая характеризует степень достигаемости субъекта, находящегося в определенном состоянии, для воздействий со стороны противника, который может находиться в любом из доступных ему положений, при этом интенсивность его воздействий из различных положений может быть разной.

Вторая величина показывает степень свободы субъекта, находящегося в определенном состоянии, в выборе дальнейших путей достижения целевого состояния.

Выбор именно этих параметров в качестве демонстрационных здесь обусловлен возможностью предоставить их наглядную интерпретацию и визуализированные трактовки.

Приведенные здесь параметры наряду со множеством других, вводимых в модель, позволяют моделировать сложные процессы интеллектуальной выработки решений при определении стратегии поведения субъекта конфликта. Критерии принятия решений становятся более сложными и многообразными, их приоритетность при принятии решений зависящей от субъективной оценки агентом конкретной ситуации в его собственной интерпретации текущего состояния участников конфликта. При таком подходе уже не всегда самая кратчайшая или самая малозатратная по ресурсам траектория может считаться самой рациональной, например, если она проходит через зоны высокой воздействуемости, где субъект может подвергнуться неожиданному поражению, или через положения, из которых у него нет выхода.

Аналитическое представление воздействуемости состояний субъекта конфликта

Конечной целью предварительного анализа всего пространства конфликта является нахождение положений, обеспечивающих ситуационное превосходство одной из сторон. Воздействуемость конкретного состояния субъекта означает интегральную способность его оппонента к воздействию на субъект в этом состоянии.

Несомненно, в общем случае могут быть различные трактовки этого параметра, поэтому одним из важных этапов в определении зон воздействуемости субъекта конфликта является установка взаимосвязей параметра с другими характеристиками субъекта и особенностями самого пространства конфликта. Полная постановка задачи имеет сложный характер, причем все условия и изменения, которые могут иметь место в рамках базового анализа зон воздействуемости, на практике учесть невозможно. Что предполагает необходимость сознательного абстрагирования от полного рассмотрения всех аспектов при постановке этой задачи.

В ходе вычисления значений этого показателя для всех возможных положений субъекта конфликта можно получить результат, который отображается в виде карты воздействуемости, отражающей распределение вероятности воздействия оппонента на состояния субъекта.

Ниже приводится пример одного из возможных подходов к расчёту зон воздействуемости одного субъекта на другой в рамках антагонистического конфликта.

В конкретных реализациях для эффективного решения задачи нахождения воздействуемости состояний субъекта могут применяться сложные структуры исходных данных (графы, квадродеревья и т.д.). В данной статье используются структуры исходных данных в матричной форме, позволяющие дать визуализированную геометрическую трактовку рассматриваемой картины решения. В частности, пространство конфликта условно представляется в виде трехмерной поверхности, координаты которой отображают фазовое пространство всех возможных состояний субъектов.

В качестве исходных данных используются:

- Условная карта высот пространства конфликта, представляемая матрицей $H_{(x,y)} = z$, где $x \in X$, $y \in Y$, $z \in Z$, где X, Y, Z - множества координат на осях OX, OY, OZ соответственно.
- Фазовые пространства субъектов конфликта, обозначенные как H_{S_1}, H_{S_2} , где S_1 - состояния первого субъекта конфликта, S_2 - состояния второго субъекта конфликта. Т.е. каждое состояние субъектов конфликта представлено в виде точки в своем фазовом пространстве.

Для расчёта воздействуемости состояния субъекта осуществляется определение потенциального объема воздействия со стороны источника

воздействия как интегральной величины интенсивности возможного воздействия из всех потенциальных состояний источника воздействий.

Для каждого состояния S_1 производится расчёт интенсивности возможного воздействия из всех состояний S_2 . Предполагается использование функции определения коллизий, вид которой определяется типом воздействия. Частным случаем, используемым здесь, является линейная функция. Для простоты предполагается также, что интенсивность воздействия из любой точки фазового пространства имеет постоянную величину.

В данном примере геометрической интерпретацией параметра воздействуемости является степень открытости текущего положения субъекта по отношению к другим точкам поверхности. Другими словами, общее количество положений фазового пространства H_{S_2} , из которых оппонент способен его «достать» в этой точке.

Введем прямую $\overline{(a,b)}$ и обозначим ее как \overline{V} , где $a \in H_{S_1}$ и $b \in H_{S_2}$. Данная прямая имеет координаты $V_x(t), V_y(t), V_z(t)$, где $t \in [0,1]$ - параметр прямой. Имеем:

$$\begin{cases} V_x(t) = a_x + (b_x - a_x) * t \\ V_y(t) = a_y + (b_y - a_y) * t \\ V_z(t) = a_z + (b_z - a_z) * t \end{cases} \quad (1)$$

Возможное воздействие на $a \in H_{S_1}$ из состояния $b \in H_{S_2}$ имеет место тогда, когда каждая точка прямой \overline{V} имеет высоту $V_z(t) \geq H_{(V_x(t), V_y(t))}$.

Множество точек прямой \overline{V} определяется с помощью некоторого алгоритма дискретизации. Например, можно использовать алгоритм Брезенхема, так как он обладает сравнительно небольшой вычислительной сложностью. Высота $h = v_z(t)$ каждой точки $v \in V$ определяется с помощью следующего уравнения:

$$\begin{cases} h = a_z + (b_z - a_z) * t \\ t = \frac{c_a}{(c_a + c_b)} \end{cases}, \text{ где} \quad (2)$$

c_a - кол-во точек прямой \overline{V} от a до v включительно,

c_b - кол-во точек прямой \overline{V} от b до v .

Интегральная величина интенсивности возможного воздействия I на состояние $a \in S_1$ вычисляется по следующей формуле:

$$I = \sum_{\overline{V} \in L} \sum_{v \in \overline{V}} i(v), \text{ где } i(v) = \begin{cases} 0, v_z < H_{(v_x, v_y)} \\ 1, v_z \geq H_{(v_x, v_y)} \end{cases}, \text{ и} \quad (3)$$

где L - множество всевозможных прямых от $a \in S_1$ до $\forall b \in S_2$.

Пример расчета воздействуемости состояний субъекта конфликта

Под пространством состояний конфликта будет пониматься некоторая трёхмерная поверхность, построенная с помощью программы WorldMachine (рис. 1). На рис. 1 представлены три варианта такой поверхности, для каждой из которых в дальнейшем приводятся результаты расчёта характеристик. На основе моделируемой поверхности рассчитана карта высот в формате GrayScale, приведенная на рис. 2 в градации серого цвета. Светлыми оттенками на карте высот выделяются холмы, горы и другие объекты, которые возвышаются над уровнем моря. Темными – низменности и овраги.

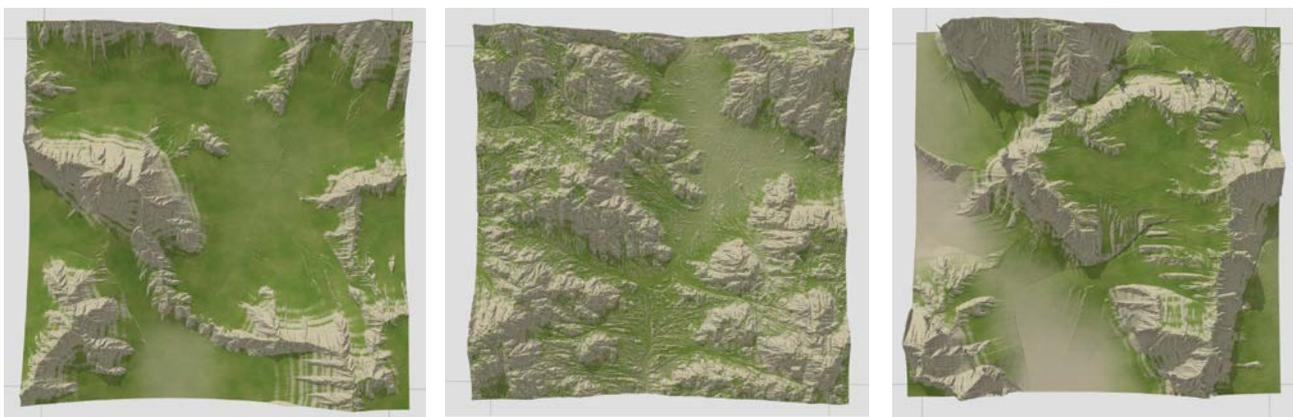


Рис. 1. Модели поверхностей, построенные в WorldMachine.



Рис. 2. Карты высот в формате GrayScale для построенных поверхностей.

В соответствии с изложенным в предыдущем разделе аналитическим методом расчёта характеристики воздействуемости состояний субъекта

конфликта разработана расчётная модель, которая позволяет наглядно продемонстрировать данную величину.

Задача сводится к построению карты воздействуемости в зависимости от особенностей рельефа. Карта воздействуемости (рис. 4) строится в соответствии с алгоритмом Брезенхема [9]. В численной реализации с заданным шагом дискретизации для каждой точки поверхности проводится перебор всех других дискретных точек этой же поверхности, между ними проводится прямая линия. При отсутствии пересечений этой линии с другими точками поверхности к функции воздействуемости прибавляется величина интенсивности воздействия (в рассматриваемом примере – некоторая постоянная). Если пересечение с поверхностью в других точках имеет место, то считается, что из данной точки воздействие не является возможным.

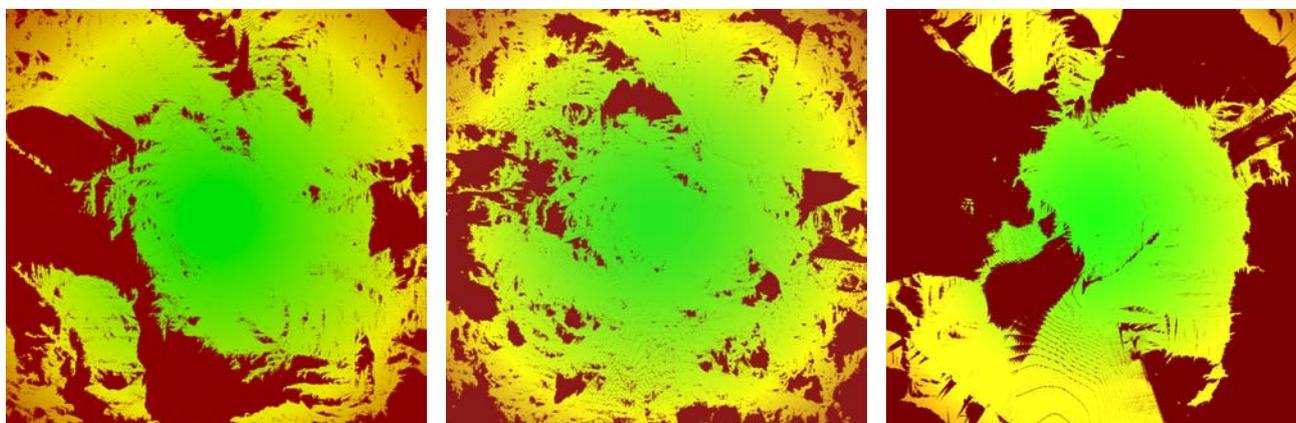


Рис. 3. Карта «видимости» центральной точки из других точек поверхности

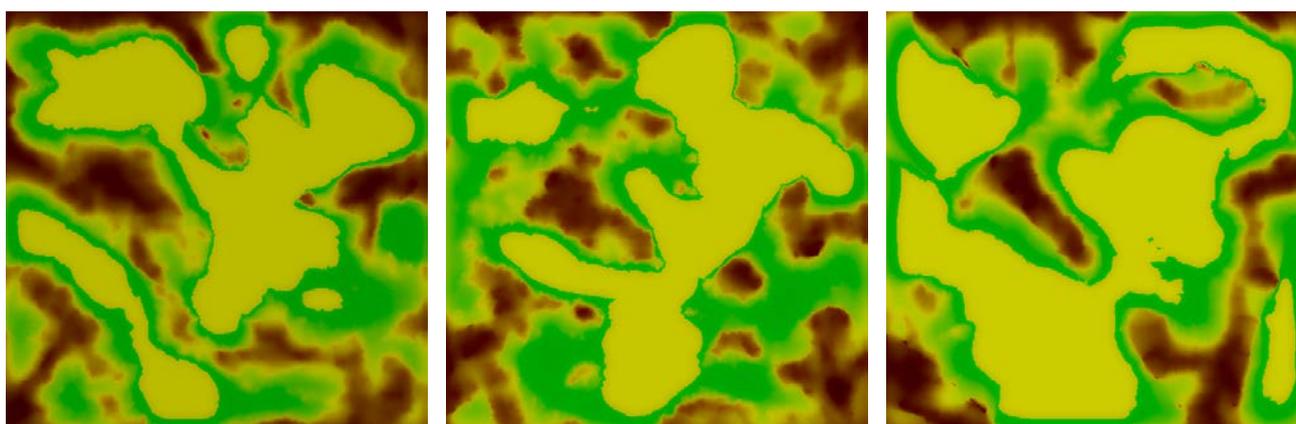


Рис. 4. Карта воздействуемости

На представленных рисунках принято цветовое представление расчётных зон. Тёмно-красные секторы соответствуют зонам невозможного воздействия

на текущее состояние, а градации цвета от коричневого к зеленому соответствуют величине интенсивности возможного воздействия.

На рис. 3 дано изображение в градации двух цветов, показывающих, из каких точек возможно воздействие на субъект, находящийся в положении центральной точки, а из каких нет.

На рис. 4 приведена интегральная карта. Более близкие к зеленому цвета отображают более высокие значения показателя. Можно видеть, что картины доступности одной точки или всей их совокупности значительно отличаются.

Аналитическое представление манёвренности состояний субъекта конфликта

В силу того, что манёвренность обозначена нами, как свобода выбора траекторий движения к целевому состоянию, расчёт этой величины может быть задан, как интегральная величина свободы выбора дальнейшего пути на каждом из отрезков оптимальной траектории. Или, другими словами, путем суммирования локальных значений манёвренности до своих соседних состояний всех состояний, находящихся на некоторой оптимальной траектории. За таковую в рассматриваемом примере будем принимать траекторию с минимальными затратами на преодоление пути.

По своему определению, локальная манёвренность состояния характеризует степень равномерности затрат ресурсов на достижение какого-либо из соседних состояний. Поэтому эта величина может характеризоваться дисперсией затрат ресурсов на переходы в соседние состояния. Меньшая дисперсия характеризует большую манёвренность состояния.

$$D_{(x,y)} = \sum_{n \in N(p_{x,y})} \frac{(n - M[N(p_{x,y})])^2}{c_N(p_{x,y})} \quad (4)$$

$p_{x,y}$ – состояние в точке (x,y) ;

$N(p_{x,y})$ – множество затрат для переходов в соседние состояния для состояния в точке (x,y) ;

$c_N(p_{x,y})$ – количество соседних состояний для состояния в точке (x,y) ;

$M[...]$ – математическое ожидание;

n – величина затрат для перехода в одно из соседних состояний в конкретной точке.

Оптимальная траектория до целевого состояния из любого другого состояния строится по алгоритму поиска пути с минимальной стоимостью в графе, например, по алгоритму Дейкстры [10], с помощью которого можно найти наименее затратный путь от одной из вершин графа до всех остальных, следовательно, если за начальную точку взять целевое состояние, то на выходе можно получить множество путей оптимальных маршрутов из любого состояния в заданное целевое.

Манёвренность траектории из любого состояния α до целевого β характеризуется интегральной оценкой манёвренности всех состояний, лежащих на оптимальной траектории.

$$G(\alpha, \beta) = \sum_{t \in T(\alpha, \beta)} \frac{t}{c_T(\alpha, \beta)} \quad (5)$$

$T(\alpha, \beta)$ – множество локальных манёвренностей состояний на оптимальной траектории от состояния α до состояния β ;

t – локальная манёвренность состояния на оптимальной траектории от состояния α до состояния β ;

$c_T(\alpha, \beta)$ – количество состояний на оптимальной траектории от состояния α до состояния β .

Таким образом можно рассчитать матрицу G , характеризующую манёвренность траектории, которая может начинаться от любого текущего состояния, до целевого состояния.

Пример расчета манёвренности состояний субъекта конфликта

Расчётная карта манёвренности (рис. 5) построена на тех же исходных данных, представленных на рис. 2, что и карта воздействуемости (рис. 4).

Алгоритм реализации расчётной задачи следующий. Задается целевая точка на трёхмерной поверхности, для которой просчитывается оптимальный путь из каждой начальной точки в заданном радиусе с определённой дискретизацией. В рассматриваемом примере за целевое положение принимается центральная точка. Для каждого полученного в ходе расчёта оптимального пути рассчитывается манёвренность траектории по формуле (5). Результирующее значение, полученное по формуле (5), приписывается соответствующей начальной точке. После перебора всех возможных исходных положений субъекта можно построить итоговую карту манёвренности относительно заданного целевого состояния.

Карта манёвренности (рис. 5) представляется в виде двумерной матрицы, где значение в каждой ячейке определяется числовым значением манёвренности по оптимальной траектории из точки с соответствующими этой ячейке координатами. Для наглядности визуальной картины каждое числовое значение сопоставляется со значением градации цвета от красного до зеленого. Для демонстрации работоспособности расчётного алгоритма на рис. 5 приведена карта манёвренности для фазового пространства, на котором в качестве целевого состояния задана центральная точка.

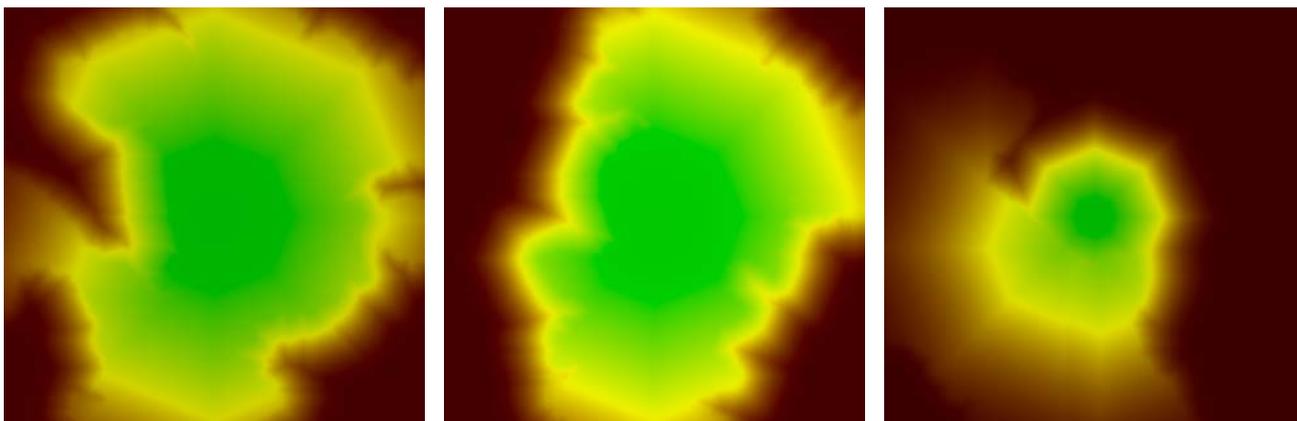


Рис. 5. Карта маневренности

В случае использованного примера передвижения противников по земной поверхности для более точного и наглядного определения манёвренности объекта в той или иной точке требуется дополнительно настроить веса и назначить стоимость перехода в ту или иную точку в зависимости от типа рельефа и карты высот. Кроме этого, весовые значения показателя переходов могут быть увязаны с величинами рисков перехода. Результаты таких исследований предполагается привести в дальнейшем.

Заключение

В данной работе для исследования антагонистических конфликтов и определения рациональной стратегии поведения субъектов предлагается использовать специализированный анализ пространства состояний конфликта. В качестве базового критерия используется комплексная оценка ситуационного превосходства субъекта антагонистического конфликта, которая может быть получена путем введения показателей, характеризующих конфликт, и расчетным определением соответствующих им характерных зон в рассматриваемом пространстве состояний.

В работе приведено изложение общей концепции и технологии практического моделирования на основе анализа особенностей пространства конфликта и технических возможностей оценки возможного поведения субъектов. Для наглядной демонстрации общего подхода приведены примеры оценки условий перемещения противников по некоторой гипотетической территории, условно отражающей пространство их состояний и рассмотрены такие характеристики состояния субъекта конфликта, как воздействуемость и манёвренность. Каждое значение характерной зоны представляется в качестве интегральной величины, а именно: для воздействуемости - интенсивности возможного воздействия из всех потенциальных состояний источника воздействий; для манёвренности – интегрирование локальных манёвренностей состояний, лежащих на оптимальном пути к целевому состоянию от любого другого состояния.

Опираясь на полученные данные пространственного распределения интегральных значений этих характеристик, можно выработать стратегию поведения в конфликте, в частности, избегать зон с высоким значением воздействуемости (затемнённые зоны на рис. 4) и, напротив, стремиться использовать преимущество зон с высоким значением манёвренности (зелёные зоны на рис. 5).

Понятно, что при комплексном анализе пространства конфликта должно производиться рассмотрение и взвешенный учёт не только рассмотренных в примерах факторов, но и всех возможных, оказывающих влияние на итоговые результаты. Например, при построении рациональной траектории движения по поверхности путём анализа полученной картины приведенных здесь показателей, таких, как воздействуемость и манёвренность, может оказаться, что с позиций оценки по другим параметрам, например, по проходимости, выбранные маршруты могут оказаться малопримлемыми. Выделение обобщенных показателей и характеристик, которые важны для анализа пространства конфликта, наделение их смысловым содержанием, определение способов их формализации и является одним из предметов проводимых исследований.

Резюмируя, можно заметить, что в настоящей работе:

- приведен краткий обзор современных тенденций и приоритетов в области исследования и моделирования конфликтов;
- описаны представления субъектов как сложных систем, имеющих свое пространство состояний на пространстве конфликта;
- предложена новая методология анализа конфликтов с описанием ее содержательной части;
- сформулированы основные принципы расчетного определения характерных зон фазового пространства конфликта;
- приведены примеры формализации и расчёта таких характерных зон, как воздействуемость и манёвренность;
- представлена технология отображения характерных зон на «карте» конфликта.

Приведенные в работе и кратко перечисленные выше положения служат основой для разработки в дальнейшем технологии моделирования развития антагонистического конфликта путём исследования возможных вариантов взаимодействия интеллектуальных агентов, в основу формирования субъективной картины мира которых и будут положены изложенные здесь принципы. Предлагаемая технология моделирования отличается кажущейся простотой реализации, хотя и требует в ряде случаев значительных затрат вычислительных ресурсов. Основная теоретическая сложность заключается в формализации описательных моделей конфликта, в разработке и обосновании способов представления и расчёта адекватных показателей, позволяющих как сформировать, так и отобразить в модели те или иные характеристики фазового пространства конфликта, что, естественно, нуждается в дальнейшем развитии

теоретических положений данного подхода в рамках кибернетической конфликтологии как конфликтологии третьего порядка.

Библиографический список

1. Балута В.И., Нечаев Ю.И., Осипов В.П., Четверушкин Б.Н. Концептуальный базис суперкомпьютерной платформы прикладного моделирования, прогнозирования и экспертиз конфликтного взаимодействия / Препринты ИПМ им.М.В.Келдыша РАН, 2017. №28, 20 с. doi:10.20948/prepr-2017-28
2. Аржаков М.В., Аржакова Н.В., Новосельцев В.И. Управление конфликтами: монография / под ред. В.И. Новосельцева. – Воронеж: Изд-во «Кварта», 2005. – 180с.
(http://magru.net/pubs/7635/Upravlenie_konfliktami_monografiya#1)
3. Лепский В.Е., “Экономическая кибернетика саморазвивающихся сред (кибернетика третьего порядка)”, Управленческие науки, № 4, 2015, стр. 22-33.
4. Анцупов А.Я., Шипилов А.И. Конфликтология: Учебник для вузов. —2-е изд., перераб.и доп. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2004. - 591 с. ISBN 5-238-00396-X, (<http://www.studfiles.ru/preview/5708259/>)
5. Korkmaz, G., Cadena, J., Kuhlman, C.J., “Multi-source models for civil unrest forecasting”, Social Network Analysis and Mining, 2016, Vol. 6, No. 1, pp. 1 — doi: 10.1007/s13278-016-0355-8
6. Carlos Lemos, Helder Coelho, Rui J. Lopes (2016) Agent-based modeling of social conflict, civil violence and revolution: state-of-the-art-review and further prospects. (<http://ceur-ws.org/Vol-1113/paper10.pdf>).
7. Robert Tibshirani, “Regression Shrinkage and Selection via the Lasso”, Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological), Vol. 58, No. 1 (1996), pp. 267-288
8. Lubaś, R., Waś, J. & Porzycki, “Cellular Automata as the basis of effective and realistic agent-based models of crowd behavior”, Journal of Supercomputing, Jun2016, Vol. 72, Issue 6, pp. 2170-2196 — doi: 10.1007/s11227-016-1718-7
9. Bresenham J.E., “Algorithm for computer control of a digital plotter”, IBM systems journal, Vol.4, No.1 (1965), pp. 25- 30
10. Dijkstra E.W., “A note on two problems in connexion with graphs”, Numerische Mathematik, pp. 269–271 — doi: 10.1007/BF01386390.

Оглавление

Введение	3
Обзор методов и подходов к проблематике	4
Аспекты кибернетического представления моделируемых систем.....	7
Методология анализа конфликтов.....	9
Сущности и характеристики состояний субъекта конфликта	10
Аналитическое представление воздействуемости состояний субъекта конфликта.....	13
Пример расчета воздействуемости состояний субъекта конфликта.....	15
Аналитическое представление манёвренности состояний субъекта конфликта	17
Пример расчета манёвренности состояний субъекта конфликта.....	18
Заключение.....	19
Библиографический список.....	21