

## ПРИМЕНЕНИЕ МУЛЬТИМАСШТАБНОГО АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ И ОПЕРАЦИОННОЙ СРЕДЫ

*Рачья Арзуманян\**

### *Введение*

Война может интерпретироваться как столкновение сложных адаптивных систем, для описания которой используется парадигма нелинейности. Становление сложного мышления и науки сложности позволяет дополнить традиционный аналитический базис военной науки нелинейными методологиями. В условиях сложных конфликтов и гибридной войны классический анализ боевых возможностей вооруженных сил, основывающийся на оценке масштаба, огневых возможностей соединений большого масштаба, оказывается недостаточным и должен быть дополнен оценкой сложности как самих вооруженных сил, так и операционной среды в целом. Анализ усложняется тем, что масштаб и сложность не являются независимыми параметрами. При использовании одних и тех же организационных принципов увеличение сложности сил и средств на одном масштабе может быть достигнуто за счет его уменьшения на других.

Рассматриваемый в данной статье мультимасштабный анализ сложных систем (МАСС), опирающийся на профайл сложности, позволяет понять, каким образом взаимосвязаны масштаб и сложность. МАСС, обеспечивая формальный подход к противоборству, дает возможность оценить возможности и ограничения боевого состава и организационной структуры вооруженных сил и обеспечивает базис для понимания сетцентричных и сетевых организационных форм. Критически важной оказывается проблема рас-

---

\*Кандидат технических наук, политолог, эксперт по проблемам военной и национальной безопасности, НКР.

пределенной координации, командования и управления вооруженными силами, без отхода от принципа иерархичности.

В статье проводится различие между двумя типами сетевого поведения и активности, иллюстрирующие различные подходы к сетевым операциям. Первый опирается на агентов сетевого действия, аналогами которых в природе могут служить иммунная и роевая системы. Второй предполагает использование сетевых организационных форм в системе командования и управления и призван дополнить организационные принципы общевойсковых формирований. Примером в данном случае может служить нейромышечная система высших млекопитающих.

Профайл сложности и МАСС позволяют оценить сложность сил и средств на каждом из масштабов боевых действий и для различных типов местности. Силы и средства, профайл сложности которых соответствует профайлу местности и конфликта, обладают большими шансами быть эффективными в противоборстве. Необходимость быть эффективным по всем диапазонам масштабов, на которых разворачивается противоборство, требует достижения компромисса по сложности на различных масштабах.

Подход, рассматривающий победу в сражении в терминах обеспечения большего масштаба привлекаемых сил и средств, следует признать менее эффективным, нежели тот, что учитывает также параметр сложности воинских формирований и операционной среды на каждом из масштабов противоборства. В боевых действиях равных по прочим параметрам сил и средств шансы на победу выше у стороны, обладающей большей сложностью. Параметр массирования сил и средств на требуемом масштабе, используемый для прогнозирования результатов противоборства в простом конфликте, оказывается недостаточным при оценке сложных конфликтах на сложной местности. Понимание данного факта приводит к необходимости разработки методологий, позволяющих учитывать параметр сложности сил и средств на различных масштабах.

### ***Сложность и масштаб. Основные понятия***

Сложность задачи может быть выражена количеством неправильных способов ее решения на каждый правильный. Чем больше вероятность неправильного выбора, тем выше сложность задачи. Способность системы справиться со стоящими перед ней задачами и осуществить правильный выбор диктуется, в том числе, законом необходимого многообразия, который соотносит сложность задачи со сложностью системы. Закон необходимого разнообразия (*law of requisite variety*) Уильяма Эшби гласит: «Чтобы управление системой было возможно, разнообразие управляющих действий должно быть не меньше разнообразия возмущений на входе в систему» [1]. Порой в качестве вариации закона Эшби упоминается теорема Конана-Эшби (*Conant-Ashby Theorem*): «Каждый хороший регулятор системы должен содержать представление этой системы» [2, р. 96]. Существует и альтернативная формулировка, данная Стэффордом Биром (*Stafford Beer*): «Адекватное управление может быть обеспечено только в том случае, если разнообразие системы управления по крайней мере не меньше, чем разнообразие управляемой им ситуации. Чем больше разнообразие возможных действий системы управления, тем больше разнообразие отклонений, которое она будет в состоянии компенсировать» [3, 4]. Другими словами, только разнообразие может компенсировать разнообразие или только на основе сложности можно адекватно реагировать на сложные вызовы. Закон позволяет объяснить, почему решение сложной задачи возможно только системами, обладающими необходимой сложностью.

Сложность системы может также быть выражена через количество информации, необходимое для ее описания. В этом случае сложность системы будет зависеть также от масштаба, на котором она рассматривается. Описание системы на нижних уровнях иерархии (микроуровне) требует гораздо больше информации, система обладает большей сложностью), нежели на верхних (макроуровне).

Сказанное справедливо и для вооруженных сил и военной организации государства в целом. Не обладая достаточной сложностью, военная организация государства, система НБ в целом окажутся не в состоянии сформировать адекватный отклик на сложные угрозы, осуществлять противобор-

ство в сложных конфликтах. Примером сложной военно-политической задачи могут служить боевые действия против хорошо замаскированного иррегулярного противника, разворачивающиеся на сложной местности. Или необходимость одновременного нанесения удара высокоточными системами оружия по множеству хорошо замаскированных и защищенных целей различной природы, распределенных по большей площади.

Другим важным параметром является масштаб сил и средств, который должен соответствовать масштабу решаемых боевых задач. Масштаб воинского формирования соотносится с количеством подразделений, частей и соединений, управление которыми осуществляется из центра боевого управления. Оценивая сложность воинского формирования на некотором уровне организационно-штатной структуры (уровне иерархии) или масштабе, в расчет принимаются нижестоящие соединения, части и подразделения, но не вышестоящие. Например, при оценке масштаба полка в расчет будут приниматься воинские формирования тактических подразделений (батальоны (дивизионы), роты (батареи), взводы, отделения (расчеты) и пр.), но не тактических соединений (дивизии, бригады родов войск и пр.) или оперативно-тактических объединений (армейские корпуса и пр.).

Аналогичным образом можно говорить и о масштабе задач, который определяется в том числе масштабом сил и средств, привлекаемых для ее решения. Порой боевая задача может быть сведена к решению ряда подзадач определенного масштаба. В этом случае общий масштаб задачи не превышает масштаба сил и средств, необходимых для решения наиболее сложной подзадачи. Простейшим примером такого разбиения может служить разнесенное по времени распределение огневых средств по множеству однородных целей. Очевидно, что данная задача качественно отличается от одновременного распределения огня по множеству неоднородных целей.

Масштаб и сложность сил и средств противоборствующих сторон взаимосвязаны и зависят также от характеристик пространства боя – в частности, местности. Дополнительные ограничения привносятся внешними по отношению к противоборству факторами, такими как решения политического руководства, складывающийся международный контекст и пр.

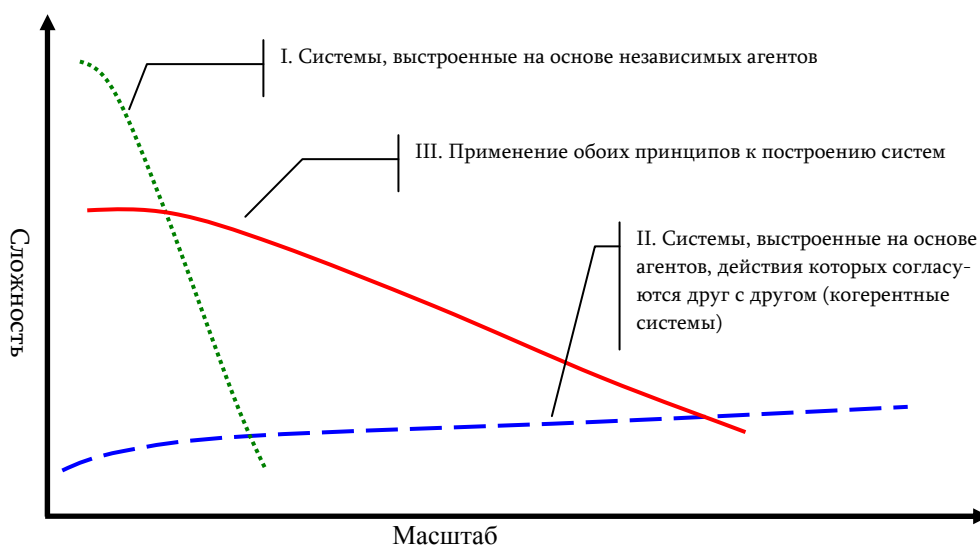
### **Профайл сложности и мультимасштабный анализ сложных систем.**

Мультимасштабный анализ сложных систем опирается на понятие «профайл сложности». Профайл сложности, представляя собой функцию сложности от масштаба, позволяет понять, как изменяется сложность системы с изменением масштаба рассмотрения. Профайл сложности отвечает на вопрос: «при имеющихся ограничениях по масштабу, какова сложность (количество возможных действий) системы, превышающая данный масштаб, и каким образом она (сложность) зависит от данных ограничений по масштабу» [5]. Сложность, как говорилось выше, также может быть выражена через количество информации, необходимое для описания системы.

Применительно к вооруженным силам профайл позволяет получить не только качественные, но и количественные оценки сложности воинских формирований на каждом из уровней организационной структуры (масштаба). Для более наглядного понимания профайла сложности и методов его использования для анализа сил и средств с различной организационно-штатной структурой рассмотрим три схематических примера (Рис. 1).

Рис. 1

#### *Профайл сложности систем, выстроенных на различных организационных принципах*



Первый пример (зеленый цвет) соответствует воинским формированиям, состоящим из отдельных (независимых) тактических подразделений малого масштаба. Независимость увеличивает сложность на малом масштабе (микроуровне), так как каждое из подразделений в состоянии действовать самостоятельно. В этих условиях попытки дать описание действий каждого из подразделений потребует большого количества информации. Однако с увеличением масштаба (на макроуровне) количество информации, необходимое для описания таких сил и средств, резко уменьшается.

Примером могут служить малые тактические подразделения войск специального назначения, способные после получения боевой задачи действовать автономно и не нуждающиеся в координации своих действий на высших уровнях командования. Попытки вышестоящего командования осуществлять непосредственное командование и управление действиями каждого из подразделений – сложная и даже невыполнимая задача. Однако на большом масштабе и макроуровне командование и управление такими группами – это относительно простые задачи.

Вторым примером (синий цвет) могут служить традиционные общевойсковые воинские формирования, сложность которых на всех масштабах приблизительно одинакова. Командиры каждого из уровней организационной структуры командуют примерно одинаковым количеством частей и подразделений; командир бригады ставит боевую задачу командирам батальонов, не вдаваясь в детали, каким образом батальоны будут ее выполнять; командир батальона ставит задачу командирам рот и т.д.

Третий пример (красный цвет) представляет собой случай воинского формирования со смешанной организационной структурой, использующего различные типы систем командования и управления. Как следствие, с увеличением масштаба сложность вооруженных сил уменьшается не так быстро, как это имеет место в первом случае.

Оценивая сложность сил и средств на определенном масштабе, принимают во внимание действия воинского формирования на данном уровне иерархии и выше, но не ниже. Например, при оценке боевых возможностей тактической части (полка, отдельного батальона (дивизиона) родов войск и пр.) по участию в боевых действиях полкового и бригадного уровня в расчет

не принимаются ее боевые возможности на уровне тактических подразделений, но учитываются возможности на уровне тактических соединений и оперативно-тактических объединений.

В общевойсковых воинских формированиях сложность на малом масштабе растет вместе с ростом количества малых тактических подразделений (огневых групп, взводов, рот), на большом – с ростом числа больших тактических подразделений (батальонов), тактических частей и выше. Это означает, что профайл сложности зависит от количества воинских формирований на каждом из уровней организационно-штатной структуры вооруженных сил. Однако он также зависит от того, насколько независимы отдельные элементы внутри организационно-штатной структуры (бойцы в отделении, отделения во взводе, взводы в роте и т.д.). Увеличение количества независимых боевых единиц на некотором уровне организационной структуры воинского формирования приводит к увеличению сложности на данном масштабе и ее уменьшению на более высоком. Например, создание отдельных батальонов увеличивает сложность сил и средств на уровне тактических подразделений (батальонном уровне), но уменьшает ее в звене тактических частей и соединений (бригадном уровне и выше). Важно подчеркнуть, что при формировании профайла сложности воинского формирования на определенном масштабе (уровне организационной структуры) в расчет принимаются **все** подразделения и части данного уровня. Например, при формировании профайла сложности на масштабе «взвод» учитывается общее количество взводов в воинском формировании, а не только в отдельной роте.

Профайл сложности и МАСС в целом могут быть использованы и применительно к местности, операционной среде в целом, позволяя получить оценки боевых возможностей сил и средств на различных уровнях противоборства. Каждая боевая задача для своего решения требует соответствующих усилий и достаточной сложности на каждом из масштабов, на которых разворачивается противоборство. Большая сложность на требуемом масштабе сама по себе не гарантирует эффективности сил и средств, однако недостаточная сложность, даже при высокой боеспособности, не позволит решить поставленные задачи.

**Форма для функции.** В ряде исследований показано, что для систем, состоящих из одного и того же количества элементов, но с различной организационной структурой и принципами управления, площадь под кривыми профайла сложности одинакова [6]. Это означает, что профайл может быть использован для сравнения сил и средств с различными организационно-штатными структурами, типами систем командования и управления и пр. Комбинирование требования достаточной сложности на требуемых масштабах с утверждением, что площадь под профайлом сложности не зависит от формы кривой, приводит к важному выводу. Организационная структура и система командования и управления представляют собой компромисс боевых возможностей сил и средств на различных масштабах, выражением которого может служить профайл сложности.

Компромисс эффективности и способности действовать на различных масштабах можно продемонстрировать на примере крупного хищника и человека. Скорость и сила человека, передвигающегося на двух ногах, гораздо меньше показателей животного тех же размеров. Однако появление рук позволило человеку оперировать малыми объектами и выполнять тонкие работы на малом масштабе. Руки стали компромиссом, который позволил человеку быть эффективным, в определенных границах, как в задачах большого, так и малого масштабов.

Приведенный пример иллюстрирует фундаментальный принцип сложных систем, который можно сформулировать как «форма для функции» или «структура обслуживает функцию». Применительно к строительству вооруженных сил его можно сформулировать следующим образом: масштаб и сложность боевых задач (функции) определяет масштаб и сложность воинских формирований (боевой состав и организационную структуру сил и средств, в том числе и систему командования и управления).

Формируя боевой состав и организационную структуру воинского формирования, важно задаваться вопросом о том, на каком масштабе, для какой местности и при выполнении каких задач она должна показать наибольшую эффективность. Когда ставится вопрос эффективности различных организационных форм командования и управления, например, иерархического или распределенного сетевого, необходимо понимать, что сами по се-



бе структуры не являются хорошими или плохими. Чтобы сравнение приобрело смысл, следует задаться вопросом: каковы масштаб и сложность операционной среды, конфликтов и боевых задач, которые должны решать воинские формирования?

Так как увеличение сложности на малых масштабах приводит к ее уменьшению на больших, организационно-штатная структура вооруженных сил должна отражать особенности будущих конфликтов. Необходимо четко понимать, на каком масштабе и на какой местности планируется применять создаваемые воинские формирования, в каких условиях будут протекать боевые действия. Силы и средства, созданные и обученные для участия в широкомасштабных боевых действиях, не будут эффективны в конфликтах малой интенсивности, протекающих на сложной местности. Справедливо и обратное. Силы и средства, созданные для участия в сложных конфликтах на сложной местности и характеризующиеся большой степенью автономности отдельных частей и подразделений, не подходят для конфликтов большого масштаба.

**Мультимасштабный анализ местности.** Мультимасштабный анализ позволяет оценить поведение сложных систем, связывая структуру и методы управления системой с ее функциональными возможностями. МАСС может быть применен как для анализа сил и средств (своих и противника), так и для боевых задач и местности. Речь, таким образом, идет о метрике, позволяющей оценивать сложность и эффективность всех элементов пространства боя. Подтверждением адекватности мультимасштабного анализа является получаемый в его рамках вывод, эмпирическое подтверждение которого хорошо известно военной истории и науке: масштаб сил и средств должен соответствовать масштабу боевой задачи. МАСС позволяет сформулировать еще одно требование, которое не так очевидно: сложность системы должна быть не меньше сложности задачи на каждом из масштабов.

Военная организация государства, его вооруженные силы являются результатом эволюции и, аккумулируя в себе военный опыт, обладают определенным уровнем сложности. Кроме того, боевой состав и организационная структура сил должны учитывать требования местности, в которой предпола-

гается проведение будущих кампаний, а также состояние противника. Профиль сложности позволяет выделить различные типы местностей и вооруженных сил, систематизировав их по масштабу, зависящему от его сложности.

Рассмотрим в качестве примера два типа местностей. Океан и море по своей однородности могут быть отнесены к самому простому и крупному масштабу местности на Земле. Однородность океана, отсутствие разнообразной и тонкой шкалы сложности и масштаба позволяют создавать военные группировки большого масштаба. Авианосная ударная группа на сегодняшний день является самой крупной по масштабу военной организационной структурой. Серьезной проблемой военно-морского противоборства на большом масштабе оказываются угрозы, исходящие от малоразмерных судов и подводных лодок, а также таких систем оружия, как БПЛА, крылатые ракеты, мины и пр. Большие корабли оказываются уязвимы при столкновении с высокой сложностью на малом масштабе, например, атакой малыми и маневренными судами<sup>1</sup>. Действуя на малом масштабе, такие средства позволяют нанести массированный удар из большого количества разных точек. Для нейтрализации угроз на малом масштабе в состав авианосных ударных групп включаются соответствующие корабли, в том числе и малые суда.

Простота и большой масштаб открытого моря и океана резко контрастируют со сложностью и присутствием различных масштабов прибрежной зоны. Естественная сложность прибрежной линии как местности, сложная береговая инфраструктура, созданная человеком (береговая система обороны, порты, прибрежные города и пр.), формируют дополнительные требования к военно-морским силам. Проблема противоборства больших и малых судов (столкновение различных масштабов) сохраняется и даже усиливается, так как в прибрежной зоне размер судов уменьшается. Следствием сложности местности становится уменьшение мобильность больших судов. С другой стороны, маленькие суда и подводные бойцы могут легко маневрировать, оставаясь незамеченными.

---

<sup>1</sup> Например, во время проведения Ираном широкомасштабной военной игры «Великий пророк V» (*Great Prophet V*) в апреле 2010г., в которой принимали участие ВМС, сухопутные силы, ВВС и подразделения специального назначения, ВМС КСИР продемонстрировали трудно обнаруживаемые радаром «ультрабыстрые» катера. На фоне мерцающих вод Персидского залива на воду было спущено 300 катеров для роевой атаки, которая поддерживала высадку десанта на один из атакуемых кораблей [7].

Разнообразный масштаб и сложность, специфичные условия прибрежного зоны хорошо известны морской пехоте, боевой состав и организационная структура которой делают возможным выполнение боевых задач на основе распределенного управления небольшими группами. Бойцы морской пехоты известны высокой индивидуальной подготовкой, оснащены разнообразными ВиВТ и экипировкой, что позволяет формировать специализированные воинские формирования различного масштаба, способные эффективно функционировать в сложной среде.

Важно понимать, что сложная местность создает всего лишь контекст, который может быть использован всеми сторонами противоборства, если они готовы использовать его преимущества и недостатки. Военная история полна примеров, когда небольшое, но хорошо вооруженное, экипированное и подготовленное формирование на сложной местности оказывалось в состоянии вести противоборство с превосходящими его по численности противником.

### ***Иерархические и распределенные принципы управления сложными системами***

Одним из результатов применения профайла сложности становится вывод об ограниченности иерархической системы командования и управления [6, 8]. В жестких иерархических системах принятие решений во многом зависит от лица, находящегося на вышестоящем уровне иерархии. Например, командир воинского формирования принимает решения по боевому применению подчиненных ему частей и подразделений. Как следствие, эффективность как системы командования и управления в целом, так и конкретных решений оказывается ограничена возможностями командира, в том числе его способностью справляться со сложной обстановкой и задачами. Человек как вид ограничен в возможностях количественной обработки информации, числа каналов, по которым он в состоянии одновременно поддерживать коммуникации, и пр.

Иерархические системы, позволяющие реализовать координированное поведение на большом масштабе, имеют ограничения по эффективности, накладываемые сложностью. Например, иерархические системы командования и управления эффективны для решения задачи увеличения масштаба

сил и средств, но не сложности. Вследствие фундаментальных ограничений (закон необходимого многообразия) иерархические организации оказываются неэффективны при формировании отклика на вызовы, сложность которых превышает сложность организации. Сложные конфликты, протекающие на сложной местности, требуют дополнения традиционных иерархических систем командования и управления альтернативными. Примером неиерархического подхода к построению систем могут служить сетевые структуры (например, мозг человека), сложность которых несравненно больше, нежели сложность отдельного элемента (нейрона). Хотя сетевая структура сама по себе не гарантирует, что она будет иметь сложность большую, нежели сложность отдельных элементов.

Эволюцию методов управления можно наблюдать на примере современного общества и процессов глобализации, вынуждающих отойти от иерархических управляющих структур и широко использовать сетевые. Таким образом, появление сложного мышления и Сети, сетевых и сетецентричных концепций войны, концепций гибридной и сложных войн, проводимых в операционной среде иррегулярных войн, является объективным откликом на качественное усложнение в XXI веке среды безопасности и общества в целом [9].

Хотя методы распределенного управления могут помочь справиться с некоторыми из проблем традиционного иерархического управления, они сами по себе не ведут к созданию эффективных систем. Возможно, выходом могли бы послужить эволюционные методы, механизмы функционирования и развития сложных адаптивных систем, такие как самоорганизация, позволяющие системе адаптироваться и формировать отклик на вызовы среды, решать поставленные задачи [9]. Военная организация государства может служить ярким примером эволюционного подхода к формированию отклика на сложные вызовы.

Однако эволюционные механизмы являются «медленными» по своей природе. Порой время, являясь критическим ресурсом, существенно ограничивает возможности эволюционного подхода к совершенствованию вооруженных сил и военной организации государства, вынуждая обратиться к революционным методам, которые также могут быть описаны в рамках теории сложных адаптивных систем. При этом важно понимать, что дополнением и аль-

тернативой иерархии является не анархия и хаос, как порой видится ситуация традиционными военными кругами, но другой порядок, опирающийся на парадигму нелинейности и теорию сложных адаптивных систем [9].

Для лучшего понимания различных типов распределенного управления сложными системами и того, каким образом они могут быть применены в вооруженных силах, рассмотрим два типа биологических систем – иммунную [10] и нейромышечную [6, chs. 2, 3, 11, 13]. Иммунная система состоит из достаточно автономных агентов, способных действовать самостоятельно. Определенная степень координации активности и функциональная специализация достигается через прямую коммуникацию агентов между собой и взаимодействие со средой. Нейромышечная система состоит из подсистем двух типов: нервной, позволяющей управлять активностью на основе распределенной сети управления, и мышечной, которая в состоянии демонстрировать синхронизированное (когерентное) поведение костно-мышечного аппарата.

Профайл сложности позволяет увидеть, что иммунная система, будучи сложной и распределенной, действует на малом масштабе (микроуровне). Сложность становится следствием независимости агентов, которые не агрегируются в мета-агенты для действий на большем масштабе. Иммунная система функционирует непрерывно, и ее активность не зависит от фактора времени и не координируется из какого-либо управляющего центра. Нейромышечная система действует на большом масштабе (макроуровне), и демонстрируемое ею сложное координированное поведение достигается за счет распределенного сетевого управления мышечной подсистемой. Способность демонстрировать сложное поведение на макроуровне приводит к зависимости от фактора времени и ограничению количества одновременно выполняемых действий.

Различаются и среды. Иммунная система функционирует в хорошо защищенной и относительно стабильной внутренней среде организма. При этом как угрозы (стимулы), так и отклик (ответная реакция) разворачиваются на микроуровне. Нейромышечная система реагирует на стимулы внешней среды, причем масштаб, на котором формируется отклик, может превышать размеры организма. Таким образом, обе системы демонстрируют сложное поведение, будучи выстроены на различных организационных принципах, диктуемых масштабом, выполняемыми задачами и средой функционирования.

Рассмотренные выше системы могут служить примером того, как организационная структура и принципы управления системой становятся результатом компромисса эффективности и сложности на различных масштабах. Система, спроектированная для демонстрации сложного поведения на большом масштабе в непредсказуемой внешней среде, радикально отличается от системы, демонстрирующей сложное поведение на малом масштабе и в стабильной среде.

Применим рассмотренный выше пример биологических систем к силам и средствам, участвующим в сложных конфликтах на сложной местности.

### ***Военное противоборство и Сеть***

Широко используемое в социальной и военной сферах понятие Сети требует внимательного к себе отношения и четкого понимания функций, которые она должна обеспечить. В рамках данной статьи представляется важным различить два типа сетевой активности. Первый относится к системам, выстроенным как сеть агентов, каждый из которых способен демонстрировать автономное, в той или иной степени, поведение. Второй относится к системам, которые используют Сеть при подготовке, принятии и реализации решений, формирующих общесистемное поведение. Первый тип систем можно назвать системами распределенного действия автономных агентов, второй – системами с распределенным управлением общесистемными действиями.

Системы первого типа эффективны, если необходимо обеспечить параллельное выполнение большого числа локальных задач на малом масштабе, второго – для решения ограниченного множества задач на большом масштабе. Эффективная военная организация в XXI веке должна использовать оба типа систем, что требует четкого понимания различий между ними. Боевой состав и организационная структура сил, использующих тот или иной тип сетевой активности, будут различаться, требуя применения различных метрик для оценки эффективности и пр. Приведенные выше примеры иммунной и нейромышечной систем, используемые и далее в качестве аналогии, демонстрируют данные различия.

**Агенты сетевого действия** (*networked action agents*). Иммунная система состоит из различного типа агентов (клеток), обладающих сенсорными рецепторами, осуществляющих коммуникацию друг с другом и способных в рамках иммунной реакции атаковать чужеродные агенты (антигены). Это хорошая аналогия систем, в которых вся цепь – наблюдение, оценка обстановки, выработка и принятие решения и действие (НОРД-цикл)<sup>1</sup> – находится внутри каждого из агентов, а координация и распределенное управление в системе в целом является результатом взаимодействия между агентами. В этом случае можно говорить о системах, выстроенных на основе агентов, способных к сетевым действиям, или агентов сетевого действия. Помимо иммунной системы аналогом такого рода систем могут служить рой и роевые системы [13, 14].

Для военных систем в качестве агента могут выступать тактические подразделения и даже отдельные бойцы. Критичным параметром, позволяющим говорить об отдельном агенте, является независимость при оценке обстановки, планировании и выполнении действий, то есть автономность агента. Кроме того, тактическое подразделение, как агент, может состоять из бойцов с одинаковой выучкой, специализацией, вооружением, то есть быть гомогенным, или гетерогенным. Боевые возможности и масштаб усилий агентов могут быть расширены через локальную координацию действий с другими. При этом координация в каждом из случаев оказывается уникальной и диктуется боевой задачей, особенностями конфликта, своеобразием местности и операционной среды в целом. Кроме того, так как методы координации оказываются связанными с возможностями и функциями агентов, действующих на малом масштабе, задача координации требует понимания того, каким образом формируются паттерны локального координированного поведения. Важно понимать, что формирование таких паттернов отличается от более сложного тактического планирования. Речь идет о простых паттернах, таких как рой, формирующихся в результате локального обмена информацией по относительно простым протоколам.

Определение понятия «агент» позволяет перейти к рассмотрению сети агентов, которые также могут быть разделены на гомогенные и гетероген-

---

<sup>1</sup> Описание НОРД-цикла можно найти в Приложении 1 [9].

ные. Гомогенная сеть состоит из множества агентов, обладающих одинаковыми боевыми возможностями и использующих одни и те же протоколы коммуникации, механизмы координации усилий и пр. Причем внутренняя структура самого агента, входящего в сеть, в данном случае является несущественной, и он может состоять как из гомогенных, так и из гетерогенных субагентов, объединенных в ту или иную организационную структуру. Гетерогенная сеть, соответственно, состоит из множества разнородных агентов. Ограничение анализа рассмотрением только гомогенной сети является некорректным, и та же иммунная система является гетерогенной и включает различные типы клеток.

Необходимо различать понятия «гетерогенный агент» и «гетерогенная сеть». Гетерогенный агент может состоять из субагентов различного типа и остается функционирующей единицей до решения поставленной задачи. Примером могут служить тактические подразделения войск специального назначения, включающие бойцов с различными воинскими специальностями, вооружением, экипировкой и пр. Внутренняя структура агента может быть довольно развитой и жесткой, будучи чувствительной к потере отдельного субагента. Потеря одного или нескольких бойцов в малом тактическом подразделении может значительно снизить его боевые возможности.

Гетерогенная сеть функционально может состоять из тех же элементов, что и гетерогенный агент. Различия связаны со способом взаимодействия и степенью автономности агентов в каждом из случаев. Если в случае гетерогенного агента субагенты ограничены в своих возможностях взаимодействия с другими агентами, то в гетерогенной сети их взаимодействия более независимы и диктуются требованиями среды и выполняемой задачи. Более слабая степень координации и независимость позволяет обеспечить большую выживаемость и устойчивость в случае потери или появления новых агентов. Система в целом оказывается более устойчивой, а решение поставленной задачи достигается за счет обеспечения необходимой плотности агентов различных типов, способных координировать усилия.

Таким образом, при рассмотрении сети и сетевого поведения необходимо учитывать и различать масштаб, на котором проводится анализ. Организационная структура системы на том или ином иерархическом уровне



может быть реализована на основе гомогенной или гетерогенной сетей, построенных на основе гомогенных или гетерогенных агентов.

**Агенты распределенного действия** (*distributed action agents*). Такие агенты координируют действия через локальный горизонтальный обмен и коммуникации для достижения нужного масштаба усилий. При этом подключение к решению задачи новых агентов диктуется целесообразностью. Причем невозможно заранее определить, в каких формах будет проявляться эмергентное коллективное поведение. Формируемый паттерн локального поведения становится результатом самоорганизации агентов, взаимодействующих друг с другом и средой, а не организационных усилий в рамках иерархических форм управления. Попытки глобального управления паттерном активности будут тормозить локальную адаптацию агентов и сделают систему неэффективной. Сами механизмы самоорганизации и демонстрация эмергентного поведения зачастую выглядят как мистерия и чудо, однако они могут быть исследованы через изучение механизмов самоорганизации и адаптации в сложных адаптивных системах [9].

Ключевым механизмом координации усилий и формирования эмергентного поведения агентов распределенного управления являются локальные коммуникации. Тем не менее надо понимать как возможности, так и ограничения данных механизмов. Когда необходимо обеспечить эффективное взаимодействие на большом масштабе, агенты должны обладать опытом практической координации усилий, приобретаемым через тренировку, как это имеет место в рамках боевой подготовки в общевойсковых формированиях. Такая координация не может быть достигнута только за счет самоорганизации, но является, скорее, результатом эволюционной селекции и опыта, который должен изучаться для создания эффективного паттерна коллективного поведения.

Таким образом, правила, определяющие локальное поведение и формирующее общий паттерн, могут быть относительно простыми и принципиально отличаются от методов и организационных форм управления общевойсковыми формированиями. Такие паттерны и правила не в состоянии обеспечить разнообразие и сложность структур, функций и поведения, свойственные живым системам, военной организации государства. И тем не менее координа-

ция, выстроенная на локальных взаимодействиях, является механизмом, позволяющим демонстрировать эффективные действия на малом масштабе в условиях сложной местности. На большом масштабе он должен быть дополнен организационными формами иерархического управления.

**Сетевое решение для согласованных целевых действий** (*networked decision coherent targeted acts*). Аналогия нейромышечной системы может быть полезной при проектировании систем, в которых выработка и принятие решения опирается на сети распределенного управления (нейросети), а реализация решений и действия на большом масштабе осуществляется на основе более жестких подсистем, аналогичных мышечной. Такой подход позволяет совместить большую сложность, обеспечиваемую в том числе и применением сетевых организационных форм при выработке и принятии решений, с большим масштабом и избирательностью предпринимаемых действий. Сложность позволяет добиться того, что каждое из действий, выполняемое в определенный момент времени на том или ином масштабе, может быть выверенным и успешно осуществленным. Ограничения накладываются только на количество одновременно выполняемых действий.

Данный подход успешно используется в концепциях сетевых войн и позволяет понять, каким образом организационные формы управления общевоинскими формированиями могут быть дополнены сетевыми и распределенными, позволяя им быть более эффективным в сложных конфликтах. Возможности общевоинских формирований концентрировать боевую мощь и оперировать на большом масштабе не всегда должны использоваться на максимальном диапазоне, так же как возможности и мощь нейромышечной системы соизмеряются с решаемой задачей. Порой выверенное во времени легкое касание рукой, позволяющее направить процессы в нужном направлении, является более эффективным методом воздействия, нежели применение большой силы. Такой подход к расширению тактических возможностей общевоинских формирований становится естественным продолжением централизованного планирования и управления, где централизация, однако, уже не предполагает только иерархичность и можно говорить о концепции централизованного командования с распределенным управлением.

### ***Выводы***

Традиционная конвенциональная война предполагает противоборство вооруженных сил большого масштаба, для победы в ней необходимо обеспечить соответствующий масштаб усилий. Сложные конфликты и гибридные войны характеризуются противоборством вооруженных сил как большого, так и малого масштабов, протекающим в сложной операционной среде. Применение методов и аналитического инструментария, разработанных для сопровождения и оценки противоборств на большом масштабе, в этом случае оказывается проблематичным.

Например, в отличие от операций общевойсковых сил на большом масштабе, сложные конфликты на сложной местности делают проблематичным отображение динамики противоборства на картах боевых действий. Даже если диспозиция войск в целом может быть отображена на карте, остаются формирования, небольшие боевые группы и даже отдельные бойцы, действия которых не поддаются планированию и сопровождению. Они могут вести локальные боевые действия в любом из направлений, существенно меняя общую картину противоборства.

Боевой состав и организационная структура сил, которые могут быть эффективны в таком противоборстве, должны позволять проведение боевых действий отдельными тактическими подразделениями и даже бойцами, осуществляющими локальное взаимодействие и координацию усилий. Ключевыми направлениями военных исследований при этом становятся боевой состав и организационная структура формирований, система командования и управления, формы ведения военных операций и пр.

Военный опыт, в том числе и новый, показывает, что победа в сложном конфликте и гибридной войне не может быть достигнута на основе стратегий традиционной войны, и она не может быть сведена к тактике и тактическим задачам. Для достижения успеха в таком противоборстве организационная структура вооруженных сил, боевая выучка, ВиВТ и пр. должны позволять использование автономных тактических подразделений на малом масштабе и сложной местности, сохраняя при этом возможность проведения боевых действий на большом масштабе.

Боевой состав и возможности своих сил и средств на каждом из масштабов противоборства должен превосходить аналогичные показатели противника, что требует выверенного баланса масштаба и сложности. Специфика и сложность местности должны получить свое отражение в боевом составе и организационной структуре формирований, призванных оперировать на ней.

Традиционные общевойсковые формирования большого масштаба позволяют концентрировать боевую мощь на требуемом направлении и предназначены для противоборства на большом масштабе и относительно простой местности. Для конфликтов малого масштаба на сложной местности боевой состав и организационная структура сил должны строиться на основе малых тактических подразделений и менее жесткой системы командования и управления, предполагающей способность и возможность частей действовать автономно. Преимущество в сложных конфликтах принадлежит вооруженным силам, боевой состав и организационная структура которых предполагает проведение боевых действий тактическими подразделениями с относительно слабой координацией, а не традиционными, призванными действовать на большом масштабе.

Проведенный в статье анализ показывает, что невозможно построить универсальную организационную структуру вооруженных сил, которая была бы одинаково эффективна для различных военных конфликтов, масштаба и местности. Одни и те же силы не могут эффективно воевать как в традиционных конвенциональных конфликтах большого масштаба, так и сложных, в том числе разворачивающихся и на малом масштабе. Любая организационная структура вооруженных сил отражает эволюционный путь развития и представляет собой компромисс, позволяющий быть эффективными в конфликтах на некотором диапазоне масштаба и сложности.

Военное строительство, предполагающее создание сил и средств, которые обладают достаточной сложностью на всем диапазоне масштабов потенциальных конфликтов, следует признать наиболее перспективным. Такое строительство может выстраиваться как эволюция общевойсковых формирований в сторону сил специального назначения и сетевых сил. Силы специального назначения, способные действовать как небольшими тактическими подразделениями и отдельными бойцами, так и в составе больших тактических под-

разделений, частей и соединений могут служить примером вооруженных сил, способных эффективно действовать на различных масштабах и местности.

Продолжение данного процесса и интеграция военных усилий со всеми элементами национальной мощи государства, эффективная координация действий государства на всех аренах противоборства может стать ключом для построения военной организации государства и сферы НБ в целом, которые окажутся в состоянии успешно противостоять вызовам турбулентной среды безопасности XXI века.

*Март, 2012г.*

### Источники и литература

1. *Ashby William Ross*, An Introduction to Cybernetics. – London: Chapman and Hall, 1957, pp.83-99.  
10 March 2012. <http://pespmc1.vub.ac.be/books/introcyb.pdf>.
2. *Skyttner Lars*, General systems theory: Ideas and applications. – Singapore, London, Hong Kong, River Edge, NJ: World Scientific Publishing Co., 2001, p. 96.
3. *Beer Stafford Anthony*, Cybernetics and Management. – London: English University Press, 1959.
4. *Beer Stafford Anthony*, Brain of the Firm: The Managerial Cybernetics of Organization. – Chichester, New-York: J. Wiley, 1981.
5. *Bar-Yam Yanner*, Complexity of Military Conflict: Multiscale Complex Systems Analysis of Littoral Warfare, Multiscale Representation Phase II, Task 2: Multiscale Analysis of Littoral Warfare. Report to Chief of Naval Operations Strategic Studies Group, April 21, 2003, p. 4. 1 March 2012. [http://www.necsi.edu/projects/yaneer/SSG\\_NECSEI\\_3\\_Litt.pdf](http://www.necsi.edu/projects/yaneer/SSG_NECSEI_3_Litt.pdf).
6. *Bar-Yam Yanner*, Dynamics of Complex Systems. Reading. – MA: Addison-Wesley, 1997. 1 March 2012. <http://necsi.org/publications/dcs/Bar-YamReadings.pdf>.
7. *Peterson Scott*, Iran war games begin with new 'ultra fast' speed boats. The Christian Science Monitor, April 22, 2010. 10 March 2012. <http://www.csmonitor.com/World/Middle-East/2010/0422/Iran-war-games-begin-with-new-ultra-fast-speed-boats>.
8. *Bar-Yam Yanner*, Unifying Principles in Complex Systems // Roco, M. C. and W. S. Bainbridge, (Eds) Converging Technology (NBIC) for Improving Human Performance. – Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers (currently Springer), 2003. 10 March 2012. [http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC\\_report.pdf](http://www.wtec.org/ConvergingTechnologies/Report/NBIC_report.pdf).
9. *Арзуманян Р.В.*, Сложное мышление и Сеть: парадигма нелинейности и среда безопасности 21 века. – Ереван: научно-образовательный фонд «Нораванк», 2011.
10. *Cohen I. R. and L. A. Segel* (Eds.), Design Principles of the immune system and other distributed autonomous systems. – New York: Oxford University Press, 2001.

11. *Anderson, J. A. and E. Rosenfeld* (Eds.) *Neurocomputing*. – Cambridge, MA: MIT Press 1988.
12. *Bishop Christopher M.*, *Neural Networks for Pattern Recognition*. – New-York: Oxford University Press 1995.
13. *Arquilla J., Ronfeldt D.*, *Swarming and the Future of Conflict*. – Santa Monica, CA: RAND Corporation, DB-311-OSD, 2000. 10 March 2012. [http://www.rand.org/pubs/documented\\_briefings/DB311/](http://www.rand.org/pubs/documented_briefings/DB311/).
14. *Edwards Sean J., A.* *Swarming and the Future of Warfare*. – Santa Monica, CA: RAND Corporation, 2005. 10 March 2012. [http://www.rand.org/pubs/rgs\\_dissertations/RGSD189/index.html](http://www.rand.org/pubs/rgs_dissertations/RGSD189/index.html).

## USING OF MULTI-SCALE ANALYSIS OF COMPLEX SYSTEMS FOR ASSESSMENT OF ARMED FORCES AND OPERATIONAL ENVIRONMENT

*Hrachya Arzumanyan*

### Resume

War can be interpreted as a collision of complex adaptive systems for the description of which the paradigm of non-linearity is used. Formation of complex thinking and science of complexity allows supplementing traditional analytical basis of a military science with non-linear methodologies.

The multi-scale analysis of complex systems, which is based on complexity profile, allows us to understand how the scale and complexity are interconnected. The multi-scale analysis of complex systems, providing formal approach to the conflict, gives an opportunity to estimate capabilities and restrictions of the operational strength and organizational structure of the armed forces and provides ground for understanding net-centric and network organizational forms. The issue of distributed coordination, commanding and managing of the armed forces sticking to the principle of hierarchy becomes of critical importance.