

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертацию **Поповой Александры Евгеньевны**
«**Диаграммы Юнга в теории макросистем**», представленной на
соискание учёной степени кандидата физико-математических
наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ,
управление и обработка информации (радиотехника,
автоматика, связь)

Актуальность темы диссертационной работы. Представление системы как множества взаимодействующих элементов, обособленных от среды, но взаимодействующих с ней как единое целое, приводит к тому, что в описании системы проявляются эмергентные (системные) свойства. Объяснение наличия таких свойств в некоторой степени может быть получено на основе стохастической природы поведения элементов системы. Следствием неопределённости в поведении элементов системы является то, что все получаемые для неё закономерности носят вероятностный характер, и главной задачей в анализе такой системы становится отыскание состояний, которые реализуется с наибольшей вероятностью.

В случае, когда система состоит из большого числа однотипных или даже тождественных элементов со стохастическим типом поведения, весьма эффективным оказывается подход, который был последовательно реализован в статистической физике. В рамках этого подхода были введены разграничения понятий микро - и макросостояния системы. Разработанный в статистической физике подход был успешно перенесён теорией макросистем на системы макроскопических объектов.

Вероятность макросостояния системы, определяется на основе подсчета числа порождающих его микросостояний. Упорядочение данных о большой совокупности объектов может дать дополнительную информацию о поведении этой совокупности как системы. Примером могут послужить закономерности, подобные закону Ципфа, наблюдаемые в ранговых распределениях. Между тем любое ранговое распределение может быть однозначно представлено диаграммой Юнга – объектом, изучаемым в комбинаторике и используемым в разнообразных задачах статистической физики. Поэтому применение диаграмм Юнга для моделирования макроскопических систем с упорядоченным заполнением состояний является **актуальной** задачей системного анализа.

Оценка содержания диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованных источников, включающих 110 названий. Работа изложена на 118 страницах машинного текста, содержит 38 рисунков. Содержание диссертационной работы по главам соответствует их краткой характеристике во введении диссертационной работы и в автореферате.

Во Введении дается обоснование актуальности выбранной темы диссертационной работы, определяются цели и задачи, предмет и методы

исследования, формулируется научная новизна работы, ее теоретическая и практическая значимость.

В главе 1 рассматриваемой работы приводится обзор литературы, а также предварительные сведения о сути энтропийного подхода в теории макросистем и о диаграммах Юнга в комбинаторике.

Предметом изучения обсуждаемой работы являются макроскопические системы с недетерминированным поведением элементов. Ключевым в макросистемном подходе является понятие энтропии состояния системы. В качестве инструмента для моделирования системы с упорядоченным заполнением состояний в работе были избраны двумерные и трёхмерные диаграммы Юнга. Изложению основных результатов отечественных и зарубежных авторов по теории разбиений и диаграммам Юнга посвящён последний раздел главы.

Глава 2 содержит описание и результаты исследования модели макроскопической системы, элементы которой считаются неразличимыми (англ. *indistinguishable*) на уровне микросостояния, а состояния – различимыми (англ. *distinguishable*), причём механизм их заполнения таков, что их заселённости следуют в невозрастающем порядке (англ. *arranged* – упорядоченный). Модель названа IDA1-системой (единица означает, что рассматриваемая система в определенном смысле одномерна). Микросостояние IDA1-системы может быть графически представлено двумерной диаграммой Юнга, и поэтому при анализе статистических свойств системы в работе исследовались не сами микросостояния, а соответствующие им комбинаторные объекты. Макросостояние IDA1-системы рассматривается как окрестность микросостояния, то есть получается из заданного микросостояния перестановкой определённого числа элементов, определяющих радиус окрестности. Указанная модель оказывается применимой для анализа ранговых распределений, которые представляют собой не что иное как диаграммы Юнга, соответствующие разбиением числа элементов в системе.

При отсутствии данных об априорных вероятностях микросостояний естественно принять микросостояния равновероятными. В этом случае вероятность макросостояния пропорциональна ёмкости соответствующей окрестности. Модель IDA1-системы проанализирована для случая единичных окрестностей.

В рамках сделанных предположений была решена задача нахождения ёмкости окрестности заданного микросостояния без перебора остальных микросостояний. Приведено аналитическое выражение для ёмкости окрестности равновесного состояния системы при заданном числе элементов. При увеличении количества элементов ёмкость окрестности равновесного состояния терпит скачок, когда число элементов становится равным треугольному числу.

Для заданного числа элементов изложен алгоритм поиска всех равновесных состояний, причём, в зависимости от числа элементов, у системы может быть как одно, так и десятки равновесных состояний. После перечисления результатов и выводов следуют доказательства теорем второй главы.

Модель IDA2-системы, которой посвящена глава 3, строится аналогично модели IDA1-системы и отличается от неё тем, что заселённости состояний образуют не одномерный ряд, а двумерную таблицу и следуют в порядке нестрогого убывания по столбцам и строкам. Микросостояние IDA2-системы может быть изображено трёхмерной диаграммой Юнга, а макросостояние рассматривается как окрестность микросостояния, причём все результаты получены для единичных окрестностей. Как и в одномерном случае, выражение для ёмкости окрестности заданного микросостояния записано в общем виде и не требует информации об остальных микросостояниях. Для ёмкости окрестности равновесного состояния получена двусторонняя оценка в общем случае и точные выражения в частных случаях.

Как и в IDA1-системе, в IDA2-системе могут быть выделены оболочки. Так, когда число элементов равно пирамидальному числу, диаграмма Юнга, соответствующая единственному равновесному состоянию, состоит из заполненных оболочек и имеет симметричный вид. В общем случае сформулированы некоторые свойства диаграмм, соответствующих равновесным состояниям IDA2-системы.

В Заключение работы кратко сформулированы её основные результаты.

Новизна и достоверность основных выводов и результатов. Новизна результатов диссертационного исследования заключается в следующем:

1. В рамках макросистемного подхода предложена модель макроскопической системы, характеризующейся тем, что заселённости состояний элементов упорядочены по невозрастанию в одном или в двух измерениях (IDA-система). От работ, относящихся к этой тематике, представленная диссертация отличается тем, что макросостояния системы строятся как окрестности микросостояний. Это позволяет рассматривать системы с неполной информацией о заселённостях состояний.
2. Показано, что предложенная модель применима к анализу ранговых распределений, которые изображаются диаграммами Юнга.
3. Приведено описание модели телекоммуникационной сети, за микросостояние которой принято ранговое распределение каналов связи по числу занятых в них маршрутов. Представление макросостояния как окрестности микросостояния позволяет учитывать случайный характер загруженности каналов связи, что является неотъемлемой характеристикой реальных сетей.
4. Предложенная модель исследована для случая единичных окрестностей. Для одномерной IDA-системы указан способ нахождения всех равновесных состояний для произвольного числа элементов, для двумерной системы найдены равновесные состояния в ряде частных случаев.
5. Показано, что исследованная система в равновесном состоянии имеет оболочечные свойства. Особую роль для количеств элементов одномерной

системы играют треугольные числа, для двумерной системы – пирамидальные и треугольные числа.

Таким образом, диссертация представляет собой законченное научное исследование и содержит новые результаты, представляющие интерес для рангового анализа и для развития макросистемного подхода.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Достоверность и обоснованность полученных результатов обеспечивается корректным использованием принципов теории макросистем и статистической физики, корректным применением математического аппарата теории разбиений и теории вероятностей,

Разработанные соискателем подходы и методы носят обоснованный, доказательный характер, справедливость заложенных в их основу логических построений может быть прослежена в представленной работе.

Апробация результатов диссертационного исследования. По теме диссертационной работы опубликованы 9 работ, из которых 3 в научных рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК. Имеется авторское свидетельство на программу расчета единичной окрестности двумерной диаграммы Юнга. Результаты диссертационного исследования хорошо представлены на международных и всероссийских конференциях.

Замечания по диссертации. Отмечая в целом высокий научный уровень проработки решаемых задач диссертационной работы, считаю необходимым сделать следующие замечания.

1. В рассматриваемой модели системы IDA1 предполагается, что элементы системы неразличимы, т.е. на множестве этих элементов задано отношение эквивалентности. Однако диаграммы Юнга, получаемые при перестановке одной клетки, будут иметь различные ёмкости единичных окрестностей (см., например, с.52). Другими словами, перестановке различных элементов будет приводить к различным результатам, которые позволяют ввести некоторое различие между элементами. В целом, на наш взгляд, можно сказать, что на множестве элементов задается отношение толерантности. Нет ли здесь некоторого противоречия?

2. В работе недостаточно полно отражены вычислительные особенности предложенных автором алгоритмов, не приведено сравнение авторского подхода с традиционными методами построения диаграмм Юнга.

Желательным было бы также в диссертационной работе уделить больше внимания программной реализации разработанных методов и привести общую схему программного комплекса.

3. В качестве замечания можно отметить отдельные опечатки (с. 32 «не более, чем n ($M??$) частей»,), имеются неточности на с. 54.

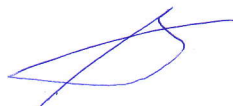
В целом работа выполнена очень аккуратно, и оформление производит благоприятное впечатление.

Высказанные замечания по работе носят частный и рекомендательный характер и не снижают ее научной ценности и практической значимости.

Диссертация написана грамотным научным языком, что свидетельствует о достаточно высокой профессиональной и общей культуре соискателя. В работе достаточно полно рассмотрены и решены проблемы исследования, поставленная цель достигнута. Диссертация А. Е. Поповой представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную самостоятельно автором.

Общее заключение по диссертации. Диссертация Поповой А. Е. «*«*Диаграммы Юнга в теории макросистем» удовлетворяет критериям, сформулированным в «Положении о присуждении учёных степеней», её содержание соответствует специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (радиотехника, автоматика, связь)», а автор Попова Александра Евгеньевна заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент,
доктор технических наук, доцент,
профессор кафедры прикладной математики
и математических методов в экономике
факультета бухгалтерского учёта и финансов
Воронежского государственного
аграрного университета
имени императора Петра I



Буховец Алексей Георгиевич

Контактная информация:
Россия, Воронеж, 394087,
ул. Мичурина, д. 1.
Телефон: 8 (473) 253-73-69
E-mail: abuhovets@mail.ru



8 февраля 2016 года