

УТВЕРЖДАЮ

Директор ФИЦ ИУ РАН



И. А. Соколов

» января 2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертацию Поповой Александры Евгеньевны «Диagramмы 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)»

При анализе распределений информационных потоков, в задачах обработки изображений, текстов и других больших массивов данных исследователи сталкиваются с так называемыми макроскопическими системами. В системном анализе разработан подход, учитывающий главную особенность таких систем – громадное число содержащихся в них элементов. В основе макросистемного подхода лежат понятия, используемые в статистической физике: микросостояние, макросостояние и энтропия. Применение принципа максимума энтропии в макросистемном подходе позволяет указать то состояние, которое с наибольшей вероятностью примет система, будучи предоставленной самой себе. Состояния всей системы определяется спецификой её отдельных элементов и состояний, в которых они могут находиться. Учёт этого фактора невозможен без использования методов комбинаторики – дисциплины, напрямую занимающейся изучением распределений элементов по состояниям. Поэтому дальнейшее расширение применения комбинаторных методов в исследовании макроскопических систем является **актуальной задачей** макросистемного подхода в системном анализе. Обсуждаемая работа посвящена исследованию модели макроскопической системы, основанной на одном из наиболее пристально изучаемых комбинаторных объектов – диаграммах Юнга.

Глава 1 содержит обзор литературы и сведения, предваряющие изложение последующих глав. После краткой характеристики понятия системы и описания некоторых основных типов систем даётся определение термина «энтропия» в том смысле, в каком он понимается в статистической физике и в дальнейшем используется в рассматриваемой работе. Кратко изложена история и основные результаты применения энтропийного подхода к исследованию макросистем. В

рамках этого подхода могут быть построены модели макроскопических систем с определёнными свойствами элементов и их состояний. Отличительной чертой энтропийного, или макросистемного, подхода является рассмотрение системы на двух уровнях: микроскопическом и макроскопическом. Микроскопическое состояние системы в самом общем случае задаётся перечислением состояний всех её элементов. Кроме свойств элементов и их состояний, статистика системы напрямую зависит от способа, которым осуществляется переход от микросостояния к макросостоянию. Последний раздел главы содержит основные сведения по разбиениям чисел и изображающим их диаграммам Юнга. Дается понятие о математическом аппарате производящих функций, который, кроме исследования разбиений, может применяться и в комбинаторных задачах теории макросистем. Раздел завершается изложением основных результатов по теории случайных разбиений.

Главы 2 и 3 посвящены исследованию моделей IDA-системы (I – англ. *indistinguishable*, D – англ. *distinguishable*, A – англ. *arranged*) – макроскопической системы, элементы которой на микроуровне считаются тождественными, как в квантовых статистиках, а состояния элементов являются различимыми, причём имеет место ограничение: состояния заполняются элементами так, что их заселённости (под заселённостью понимается число элементов в данном состоянии) образуют невозрастающую последовательность. Это последнее условие позволяет каждому микросостоянию системы сопоставить единственную диаграмму Юнга. На множестве диаграмм Юнга вводится метрика, на основе которой за макроскопические состояния системы берутся окрестности микросостояний фиксированного радиуса. Все результаты рассматриваемой работы касаются окрестностей радиуса единица. В конце обеих глав, кроме основных результатов и выводов, даются доказательства сформулированных теорем.

В главе 2 рассмотрены одномерные IDA-системы, названные IDA1-системами. Микросостоянию IDA1-системы соответствует двумерная диаграмма Юнга, изображающая некоторое разбиение числа элементов. Применяемые в системном анализе и других дисциплинах ранговые распределения, по сути, также представляют собой разбиения с упорядоченными по невозрастанию частями. Предложена модель сети Интернет как IDA1-системы, микросостояние которой есть ранговое распределение каналов связи по загруженности. Показано, что данная модель позволяет в исследовании системы учитывать возможность переходов пользователей между интернет-ресурсами, то есть изменение заселённостей каналов связи. В работе указан способ определения величины окрестности микросостояния на основе формы соответствующей ему диаграммы Юнга, не требующий перебора всех остальных микросостояний с определением расстояния до исходного. Проведено исследование равновесных, то есть наиболее вероятных при фиксированном количестве элементов, состояний IDA1-системы. Сформулированы и доказаны утверждения относительно вида и структуры

соответствующей равновесному состоянию диаграммы Юнга для любого числа элементов системы. Получено аналитическое выражение для числа микросостояний, соответствующих равновесному макросостоянию IDA1-системы, для произвольного числа элементов. В работе даётся алгоритм нахождения всех равновесных состояний при заданном числе элементов в системе.

В главе 3 рассматриваются IDA2-системы – двумерный аналог IDA1-систем. Комбинаторным объектом, соответствующим микросостоянию IDA2-системы, выступает трёхмерная диаграмма Юнга. Метрика в пространстве микросостояний и понятие макросостояния как окрестности микросостояния вводятся вполне аналогично случаю IDA1-систем. Также аналогично случаю двумерных диаграмм Юнга приводится способ вычисления числа микросостояний, соседних с данным (и формирующих, таким образом, определённое макросостояние), без их непосредственного перебора. Для трёхмерных диаграмм Юнга изображающих микросостояния системы, введено понятие оболочки, которая по определённому правилу разбивается на ряды клеток, причём оказывается, что диаграммы, составленные из полностью заполненных оболочек и рядов, соответствуют равновесным состояниям IDA2-системы. В работе представлены формулы для вычисления ёмкости окрестности микросостояний, соответствующих этим равновесным состояниям. В общем же случае для IDA2-системы с произвольным числом элементов получена двусторонняя оценка ёмкости равновесных состояний и установлены общие свойства соответствующих им диаграмм Юнга.

В заключении сформулированы основные результаты работы.

Содержание диссертации **соответствует** заявленной теме, а сама диссертация представляет собой **законченную** научно-исследовательскую работу.

Среди **новых** научных результатов, полученных в работе, отметим следующие:

1. Впервые в рамках макросистемного подхода предложена модель, отражающая упорядоченное заполнение состояний элементов макроскопической системы и отличающаяся представлением макросостояний как окрестностей микросостояний.
2. Микросостояния макроскопической системы впервые представлены диаграммами Юнга.
3. Предложенная модель исследована в одномерном и двумерном случаях.
4. Обоснована возможность применения одномерной модели к анализу ранговых распределений.
5. Для одномерной и двумерной моделей указан не требующий значительных вычислительных затрат способ нахождения числа микросостояний, формирующих данное макросостояние, на основе анализа формы соответствующей ему диаграммы Юнга.

6. Проанализированы равновесные состояния модели в одномерном и двумерном случае, причём для одномерной системы равновесные состояния и ёмкости соответствующих окрестностей указаны для любого числа элементов в системе, а в двумерном случае найдены равновесные состояния для частных значений числа элементов и указаны пределы, в которых находится величина окрестности равновесного состояния в общем случае.

Достоверность результатов работы обеспечивается корректным использованием математического аппарата комбинаторики и теории вероятностей. Исследование проводилось в согласии с принципами статистической физики и положениями макросистемного подхода. Теоретические выводы совпадают с результатами численного моделирования.

Результаты диссертационной работы Поповой А. Е. прошли соответствующую апробацию. По теме диссертации опубликовано 9 работ, из которых 3 статьи в журналах, рекомендованных ВАК, 5 работ в сборниках материалов конференций и одно авторское свидетельство на программу для ЭВМ.

Результаты диссертации достаточно полно отражены в автореферате.

К недостаткам работы можно отнести следующие:

1. При введении понятия расстояния между микросостояниями, помимо формулы, говорится о “наименьшем числе клеток, которые надо переставить...” Термин “переставить” формально не определён. Вид формулы говорит о том, что под этим словом нельзя понимать обычную перестановку символов. Тем не менее, этот термин активно используется во всём тексте.

2. В работе подробно исследованы окрестности микросостояний совершенно конкретного радиуса – единичные. Между тем было бы логичнее проводить все вычисления для окрестности произвольного радиуса, необязательно целого, а как частный случай привести единичную окрестность. Более того, выбор размера окрестности должен диктоваться содержательной задачей, и с этой точки зрения тем более естественно делать вычисления в общем виде.

3. Неясно, как определить расстояние между трёхмерными диаграммами Юнга в случае, если они разного размера.

4. В диссертации предложен алгоритм построения и подсчёта всех равновесных состояний одномерной IDA-системы, но не получена явная формула для количества равновесных состояний системы с заданным числом элементов. Между тем вид графика количества равновесных состояний в зависимости от числа элементов в системе говорит о наличии явной закономерности.

5. В работе имеется некоторое несогласование с традиционным способом обозначений. Именно, хотя в главе 3 при определении расстояния между

плоскими разбиениями использовано обозначение λ_{ij} для заселённостей, далее они начинают обозначаться как λ_{xy} , где x, y – дискретные переменные. На наш взгляд, индексы i, j более привычны для обозначения дискретных величин и их следовало бы сохранить.

Перечисленные недостатки не снижают общего благоприятного впечатления от работы. Диссертационная работа Поповой А. Е. «Диagramмы Юнга в теории макросистем» удовлетворяет требованиям пп. 9 – 14 «Положения о присуждении учёных степеней», а её автор – Попова Александра Евгеньевна – заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (радиотехника, автоматика, связь).

Диссертация и отзыв рассмотрены на заседании лаборатории 11-1, протокол № 1 от 19 января 2016 г.

Главный научный сотрудник
лаборатории 11-1 ИСА ФИЦ ИУ РАН
«Динамика макросистем», доктор
физико-математических наук



Дарховский Борис Семёнович

Тел.: +7 (499) 135-50-98
E-mail: darbor2004@mail.ru

Полное наименование организации в соответствии с уставом: Федеральное государственное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук». Адрес организации: 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44/2. Телефон: 8 (499) 135-62-60. E-mail: ipiran@ipiran.ru

Подпись	<u>Дарховского Б.С.</u>
	
Заведующий	<u>Лабораторией</u>
	<u>«19» 01 2016 г.</u>