

МЕТОДЫ ДЕКОМПОЗИЦИИ КАК ОСНОВА АГРЕГИРОВАНИЯ

DECOMPOSITION METHODS AS A BASIS FOR AGGREGATION

A. Sapogov

Summary. The analysis and modeling of complex systems involves the use of decomposition methods and subsequent aggregation of the resulting information. Decomposition, in its broadest sense, is used to decompose multidisciplinary systems into subsets of lesser complexity that can be interpreted and analyzed. As part of the next stage of scientific knowledge, aggregation synthesizes these sectoral subsets into a coherent system structure with a higher level of organization, thereby helping to identify new interrelations within the system. These methodological approaches are not simply methods, but key models of interaction for understanding the fundamental mechanisms underlying the operation of complex systems. Decomposition makes it possible to identify important indicators that exert the desired influence on the overall system's performance. Information aggregation, in turn, provides opportunities to emulate the interactions of these indicators, allowing us to reflect their interdependence. Thus, this integrated approach generally reflects the path of scientific knowledge.

However, even though these methods are implemented in various practical fields, ranging from economics, engineering, and management to innovative environmental and bioinformatics research, the working methods themselves (formulas, methodologies) differ significantly. For example, in economics, the decomposition of macroeconomic indicators, for example, is often based on expert assessments (dividing them into sectors, blocks, levels, etc.), while aggregation is used to create models linking complex and nonlinear relationships between economic indicators. In management, decomposition is used to decompose a management system into sublevels to obtain qualitative indicators of the managed system, while aggregation is used to model the dynamics of management results and assess the quality of the system. In any case, regardless of the application, objective aggregation is impossible without reliable information, much of which is obtained using decomposition methods.

Keywords: decomposition, aggregation, scientific research, methodology.

Сапогов Александр Александрович

аспирант,

Российский Государственный Социальный Университет

sapogovmail@gmail.com

Аннотация. Анализ и моделирование сложных систем подразумевает использование методов декомпозиции и последующего агрегирования полученной информации. Метод декомпозиции в широком смысле применяется для разложения многопрофильных систем на подмножества с меньшей степенью сложности, которые поддаются интерпретации и анализу. В рамках следующей ступени научного познания агрегирование занимается синтезом этих секторальных подмножеств в сложную конструкцию системы с более высоким уровнем организации, помогая, тем самым, выявлять новые взаимосвязи внутри системы. Эти методологические пути являются не просто способами, а ключевыми моделями взаимодействия для понимания основных механизмов, лежащих в основе работы сложных систем. С помощью декомпозиции возможно определить важные индикаторы, которые оказывают искомое влияние на показатели общей системы. Агрегирование информации, в свой черед, предоставляет возможности для эмуляции взаимодействия этих индикаторов, позволяя отразить их взаимозависимость. Так, данный комплексный подход в целом отражает путь научного познания.

Тем не менее несмотря на то, что данные методы реализуются в различных практических областях, начиная от экономики, техники и управления до инновационных экологических и биоинформационных исследований, сами рабочие методы (формулы, методики) существенным образом отличаются. Так, в экономической науке декомпозиция, к примеру, макроэкономических показателей зачастую основана на экспертных оценках (при делении на сектора, блоки, уровни и пр.), а агрегирование служит для формирования моделей, связывающих сложные и нелинейные отношения между экономическими индикаторами. В области управления декомпозиция применяется для разложения системы управления на подуровни, для получения качественных индикаторов управляемой системы, а агрегирование используется уже для моделирования динамики управленческих результатов и оценки качества системы в целом. В любом случае, о какой бы сфере применения не шла речь, объективное агрегирование невозможно без наличия достоверной информации, большая часть из которой получается методами декомпозиционного разделения.

Ключевые слова: декомпозиция, агрегирование, научное исследование, методика.

Метод декомпозиции данных является важным инструментом анализа, позволяющим упростить сложные структуры, выявить неизвестные скрытые закономерности и повысить эффективность обработки информации в той или иной сфере. Неоднократно отмечалось, что объективное агрегирование невозможно без наличия достоверных исходных данных, большая часть из которых получается методами декомпозиционного разделения [1, 2].

Учитывая, что метод декомпозиции, в широком смысле, является универсальным научным способом познания мира, он широко применяется практически во всех сферах науки, решая самые разные задачи: уменьшение размерности и визуализация данных, выделение признаков, шумоподавление, рекомендации и кластеризация, восстановление недостающих данных и др. Принимая во внимание такую широту охвата, сложно ранжировать конкретные методики по степени важно-

сти или применимости. Прежде всего, принципиально, методики декомпозиции могут быть разделены на экспертные методики, имеющие дело с не числовыми категориями (декомпозиция происходит на уровне понятия целого и части, кои могут быть, в свою очередь, определены некими индикаторами) и «математическими» методиками декомпозиции данных, среди которых могут быть названы: сингулярное разложение (применяется для снижения размерности, шумоподавления, а также в рекомендательных системах), трейлз и разложение по собственным значениям (используется в анализе стабильности систем), метод главных компонент (обеспечивает уменьшение размерности при сохранении характеристик исходных данных), независимый компонентный анализ (задачи разделения источников сигнала), низко ранговое приближение (устранение шумов и выявление структуры), разложения на основе матриц факторизации, кратное разложение и др.

Анализ данных играет значимую роль и для принятия обоснованных управленческих решений, а методы декомпозиции данных позволяют разложить сложные, многоаспектные задачи на более простые компоненты, выявить скрытые закономерности, оптимизировать бизнес-процессы и повысить эффективность управления [3].

Значимые методики декомпозиции данных, используемые в менеджменте это: анализ главных компонент, который позволяет снизить размерность больших наборов корпоративных данных (финансовых, операционных, маркетинговых) и выделить ключевые факторы, влияющие на бизнес (применяется для выявления основных драйверов эффективности и сегментации клиентов), факторный анализ, который использует декомпозицию для определения скрытых факторов, воздействующих на наблюдаемые переменные (например, влияние рыночных условий на продажи), разложение по компонентам (в менеджменте применяется для анализа себестоимости, прибыльности или эффективности различных бизнес-подразделений, продуктов или процессов), позволяет выделить основные составляющие, влияющие на показатели деятельности, декомпозиция по Цели-Задача (методика структурирования целей и задач в иерархическую модель, которая помогает понять взаимосвязи и приоритеты в стратегическом планировании и управлении проектами), управленческая матричная декомпозиция (используется для анализа взаимосвязей между структурными элементами, например, в управлении проектами или организационной структурой), анализ потоков ценности и процессов разделяет сложные процессы на отдельные этапы для выявления узких мест, устранения избыточных операций и повышения эффективности и другие. Правильный подбор и применение методов декомпозиции в области управления, в комплексе с дальнейшим агрегированием, обеспечивает оптимизацию бизнес-процессов, точное выявление

факторов успеха и проблемных зон, поддержку стратегического и операционного планирования, повышение прозрачности и управляемости бизнеса [1, 9].

Таким образом, в аналитических и управленческих исследованиях процессы декомпозиции и агрегирования данных занимают ключевое место, являясь фундаментальными для структурирования и интерпретации сложной информации. Однако взаимоотношения между этими двумя процессами сопряжены с рядом теоретических и практических проблем, требующих глубокого внимания [4, 5].

Так, декомпозиция предполагает разбиение комплексной системы данных или показателей на составные части с целью выявления внутренней структуры и понимания взаимоотношений между элементами. Агрегирование, напротив, сводит множество элементов к некоторому обобщенному или суммарному показателю, упрощая восприятие информации на более высоком уровне обобщения.

В научной литературе отмечаются следующие обсуждаемые проблемы на стыке декомпозиции и агрегирования:

1. Потеря информации при агрегировании.

Агрегирование данных неизбежно приводит к утрате некоторых детальных сведений, выявленных на этапе декомпозиции. Это может скрыть важные особенности и вариабельность составляющих элементов, снижая качество анализа и принятия решений. В то же время, агрегирование, это и есть переход на более высокий уровень обобщения.

2. Несовместимость уровней агрегирования и декомпозиции.

Различные уровни детализации требуют учета масштаба и контекста данных. Проблема возникает при некорректной попытке агрегировать показатели, разложенные на неоднородные или неполные компоненты, что ведет к появлению искажений и итоговой несогласованности.

3. Проблема обратимости процессов.

Декомпозиция не всегда является обратимым процессом. А после свёртки данных в агрегаты невозможно однозначно восстановить исходную детализацию без дополнительной информации, что может ограничивать возможности анализа.

4. Выбор критериев и моделей для агрегирования.

Определение подходящих методов и критериев агрегации влияет на интерпретацию декомпозированных

данных. Различные методы агрегирования (линейные, нелинейные) могут приводить к разным результатам, что затрудняет сопоставление и интеграцию информации.

5. Проблемы масштабируемости и вычислительной сложности.

В больших и многомерных данных одновременное применение декомпозиции и агрегирования требует развитых алгоритмических и экспертных решений для оптимизации вычислительных ресурсов без потери смысла и качества [6–12].

Для эффективного использования декомпозиции и агрегирования необходимо, таким образом, обоснованно проектировать уровни детализации и соответствующие методы агрегации, сохранять, по возможности метаданные и дополнительные сведения для повышения обратимости анализа, использовать адаптивные методы с учетом структуры данных и целей исследования, применять современные вычислительные техники и модели для обработки больших данных [13,14].

При работе с большими и сложными наборами данных возникает необходимость повышения эффективности и точности применяемых методов. В этом контексте актуальна проблема оптимизации методов декомпозиции. Современные методы декомпозиции, такие как сингулярное разложение, факторизация матриц, разложение тензоров и другие, требуют значительных вычислительных ресурсов при обработке больших данных. Задачи оптимизации включают снижение времени вычислений, повышение точности результативных моделей и уменьшение потерь информации, являющихся следствием аппроксимаций [15–17].

Основными направлениями и способами оптимизации методик декомпозиции являются:

1. Адаптивные алгоритмы и итерационные процессы.

Использование методов, таких как стохастическая градиентная оптимизация, позволяет строить более быстрые и масштабируемые алгоритмы, особенно при обработке потоковых данных. Итерационные подходы позволяют достигать лучших результатов за меньшее время.

2. Параллелизация и распределенные вычисления.

Использование технологий параллельных вычислений, GPU-ускорения и распределенных систем улучша-

ет масштабируемость методов декомпозиции, позволяя обрабатывать большие объемы данных в приемлемые сроки.

3. Хронологическая и иерархическая оптимизация.

Разделение данных на подмножества и иерархическая декомпозиция позволяют сосредоточить вычислительные ресурсы на наиболее значимых компонентах и снизить нагрузку.

4. Использование предварительной обработки данных

Эффективное масштабирование, фильтрация, выбор релевантных признаков и отбор переменных улучшают качество предварительной подготовки и ускоряют процесс декомпозиции.

Оптимизация методов декомпозиции является ключевым фактором для повышения эффективности и применимости в условиях современных объемов данных, в том числе, с целью их агрегирования. Сбалансированное использование алгоритмических усовершенствований, технологий параллелизации и современных вычислительных ресурсов позволяет значительно расширить возможности анализа, сохранить точность и обеспечить масштабируемость.

Нелинейное агрегирование и декомпозиция выделяются в качестве эффективных методологических подходов, чья применимость была доказана в различных сферах, включая информационные технологии и системный анализ. Если декомпозиция подразумевает разложение сложных систем на более простые составляющие, то нелинейное агрегирование фокусируется на интеграции этих компонентов с целью выявления системной нелинейности при их изменчивости. Эти методики позволяют улучшить понимание системных взаимосвязей, повысить точность моделей оценки качества и рационализировать решение задач [18,19].

Очевидно, связь между декомпозицией и агрегированием представляет собой сложную проблему, требующую взвешенного подхода для балансировки детализации и обобщения. Понимание и преодоление возникающих при этом трудностей является залогом повышения качества аналитических исследований в будущем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Краснов А.Е. Оценка качества услуг в рамках ИТ-проектов на основе агрегирования показателей / А.Е. Краснов, А.А. Сапогов // *Russian Technological Journal*. — 2024. — Т. 12, № 5. — С. 90–97
2. Краснов А.Е. Многокритериальный анализ показателей эксплуатации сложных информационных систем путем агрегирования данных / А.Е. Краснов, А.А. Сапогов // *Информационные системы и технологии*. — 2024. — № 4(144). — С. 34–46
3. Сапогов А.А. Агрегирование качественных показателей приоритетности в управлении ит-проектами / А.А. Сапогов // *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*. — 2024. — № 3(51). — С. 126–137
4. Аблязов К.А., Катрюк И.С., Попов В.В. Основы теории надежности и диагностики. — Новороссийск: МГА им. адм. Ф.Ф.Ушакова, 2008. — 212 с.
5. Будник С.В. Управление крупномасштабными динамическими системами / С.В. Будник, В.Н. Шашихин // СПб.: Изд-во Политехпресс, 2020. — 308 с.
6. Галлиулин А.С., Фурасов В.Д. Построение систем программного движения. — М.: Наука, 2011. — 209 с.
7. Григорьев К.А., Федосеев И.В., Фугалевич Е.В. Подходы к совершенствованию пространственного планирования развития территорий с использованием межотраслевых балансов ресурсов // *Вестник Национальной академии туризма*. 2018. № 3 (47). С. 81–84.
8. Долматов Б.М., Попов В.В. Информатика— Новороссийск: МГА им. адм. Ф.Ф. Ушакова, 2010. — 86 с.
9. Козлов В.Н. Управление энергетическими системами. Ч.1. Теория автоматического управления / В.Н. Козлов, В.Е. Куприянов, В.Н. Шашихин // СПб.: Изд-во Политехи. ун-та, 2006. — 316 с.
10. Крищенко А.П. Подавление хаотической динамики / А.П. Крищенко, А.В. Кавинов // *Дифференциальные уравнения*. — 2004. — Т. 40. — № 12. — С. 1629–1635.
11. Лицкевич А.П., Старжинская Н.В., Попов В.В. Математические методы в электродинамике. — Новороссийск: МГА им. адм. Ф.Ф.Ушакова, 2009. — 60 с.
12. Лоскутов А.Ю. Основы теории сложных систем / А.Ю. Лоскутов, А.С. Михайлов // М.: Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2007. — 272 с.
13. Магницкий Н.А. Новые методы хаотической динамики / Н.А. Магницкий, С. В. Сидоров // М.: Едиториал УРСС, 2004. — 320 с.
14. Талагаев Ю.В. Стабилизация осциллятора Диффинга-Ван дер Поля оптимальной коррекцией управляющих параметров / Талагаев Ю.В., Тараканов А.Ф. // *Письма в ЖТФ*. — 2006. — Т. 36. — Вып. 24. — С. 1–9.
15. Краснов А.Е., Красников С.А., Сагинов Ю.Л. и др. Модели количественного оценивания качества объектов технологий, производства и бизнеса в стандарте IDFM // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2006, № 3. — С. 53–56.
16. Краснов А.Е., Надеждин Е.Н., Никольский Д.Н. и др. Нейросетевой подход к проблеме оценивания эффективности функционирования организации на основе агрегирования показателей ее деятельности // *Информатизация образования и науки*. — 2017. — № 1(33). — С. 141–154.
17. Сапогов А.А. Существующие методики агрегирования финансовых данных / А.А. Сапогов // *Инновации и инвестиции*. — 2023. — № 8. — С. 247–250.
18. Сапогов А.А. Развитие методик агрегирования финансовых индикаторов / А.А. Сапогов // *Современная наука: актуальные проблемы теории и практики*. Серия: Естественные и технические науки. — 2023. — № 10. — С. 100–103.
19. Krasnov A., Pivneva S. Hierarchical quasi-neural network data aggregation to build a university research and innovation management system // In: Murgul V., Pukhkal V. (eds) *International Scientific Conference Energy Management of Municipal Facilities and Sustainable Energy Technologies EMMFT 2019*. EMMFT 2019. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 1259. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-57453-6_2.

© Сапогов Александр Александрович (sapogovmail@gmail.com)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»