

Системный анализ и математическое моделирование

Т.Г. Боргоякова^{1,2}, Е.В. Лозицкая¹

¹*Сибирский федеральный университет, Красноярск,*

²*Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, Абакан*

Аннотация: В настоящее время большое значение отводится применению математического моделирования при проведении системного анализа. В статье раскрываются определения системного анализа и математического моделирования. Описаны проблемы, которые можно решить с помощью применения системного анализа, а также сформулированы основные задачи системного анализа. Авторами отмечено, что системный анализ применяется в основном для исследования и проектирования больших и сложных систем. Проведен анализ методологических основ разработки математической модели.

Ключевые слова: системный анализ; модель; система; математическое моделирование; математическая модель.

Системный анализ сформировался в качестве научной дисциплины в результате необходимости исследовать, изучать, проектировать и создавать большие и сложные системы, управлять ими в условиях ограниченности возможностей, неполноты информации и недостатка времени. Системный анализ применяется, как правило, при исследовании и проектировании больших и сложных систем. Общепринятой границы, которая разделяла бы большие и сложные системы, нет. Тем не менее считается, что большими системами называют системы, включающими значительное число элементов с однотипными связями [1, с. 9]. Большими системами являются пространственно-распределённые системы высокой степени сложности, в составе которых компоненты также относятся к категориям сложных. В свой черед, термин «сложная система» характеризует функционально и структурно сложные многокомпонентные системы с большим числом взаимосвязанных и взаимодействующих элементов различного типа и с многочисленными и разнородными связями между ними. Стоит отметить, что сложные системы отличаются такими характеристиками как разнородность структуры, многомерность, многообразие природы

компонентов и связей, асимметричность потенциальных возможностей осуществления функциональных и дисфункциональных изменений, организационная разночувствительность к воздействиям. При этом каждый из компонентов подобной системы может быть также представлен в виде системы. В работе [2] автор выделяет основные понятия анализа сложных систем, подробно описывает процесс декомпозиции и вербального описания системы.

В системном анализе объекты рассматриваются с точки зрения их системного характера, так сказать, не как единое целое, а как совокупность взаимосвязанных компонентов, их характеристик и процессов. Применяется системный анализ, в основном, к исследованию искусственных систем, к тому же в таких системах важная роль отводится деятельности человека. При проектировании, создании и использовании подобных систем, в большинстве случаев возникают проблемы, относящиеся не только к характеристикам их составных частей, но и к закономерностям функционирования системного объекта в целом.

Основная задача системного анализа заключается в решении проблемы управления сложными системами. Для того чтобы справиться с данной проблемой, следует изучить объект управления – то есть саму систему, вдобавок определить цель управления – определить желаемое состояние системы, то есть состояние, к которому она должна стремиться. Методы системного анализа направлены на определение целей, выявление альтернативных вариантов решения проблемы, выяснение значения неопределённости по каждому из вариантов, а также сопоставление вариантов по критериям эффективности.

Второй важнейшей задачей системного анализа можно назвать проблему принятия решения. В применении к задачам исследования, проектирования и управления сложными системами, которые включают в

себя значительное количество составных компонентов и подсистем, проблема принятия решения связана с выбором определённой альтернативы развития системы в условиях различного рода неопределённости. Неопределённость, по-видимому, обусловлена наличием множества факторов, не поддающихся точной оценке – воздействием на систему неизвестных факторов, недостаточной определённостью целей развития системы, неоднозначностью сценариев развития системы, многокритериальностью задач оптимизации, воздействием случайных факторов в ходе динамического развития системы, недостаточностью информации о системе и прочими условиями. Ещё одним распространённым видом неопределённости является неопределённость, связанная с последующим влиянием результатов принятого решения на проблемную ситуацию. Получается так, что поведению сложных систем свойственна неоднозначность. Именно после принятия решения возможны различные варианты поведения системы. Оценка этих вариантов и вероятности их появления является опять же одной из основных задач системного анализа.

Следующей важной задачей системного анализа является изучение процессов целеобразования и разработка средств работы с целями (формулирование, структуризация целевых структур, а также связей между ними), и это часто оказывается более сложной задачей, чем предстоящий выбор лучшего решения. В этом смысле системный анализ иногда характеризуют как методологию исследования целенаправленных систем. При решении задач системного анализа формулирование цели является важнейшим этапом, поскольку цель является тем объектом, который определяет постановку задачи системных исследований.

Значимое место в системном анализе занимают и задачи организации, включая проблемы управления в иерархических системах, подбор наиболее оптимальной структуры, приемлемого режима эффективной работы,

наилучшей организации взаимодействия между подсистемами и компонентами, а также другие организационные задачи. Выявление и решение такого рода проблем может быть успешно реализовано при совместной работе системных аналитиков и специалистов в соответствующей отрасли исследования.

При проведении системного анализа в процессе исследования применяется комплекс мероприятий, направленных на формализацию проблемной ситуации, определение главной цели системы, целей её структурных компонентов, предложение множества альтернатив для достижения поставленных целей системы, сопоставляемые по тем или иным критериям эффективности, построение обобщённой модели, которая отобразит все факторы и взаимосвязи реальной ситуации, которые возможно проявятся в процессе реализации решений, на основании чего выбирается самый оптимальный способ решения проблемы, а также достижения желаемого состояния системы.

Важной процедурой в системном анализе считается моделирование – процесс исследования реальной системы, который заключается в построении обобщённой модели, отображающей основные характеристики, процессы, и взаимосвязи реальной системы. Эта процедура заключается в формализации исследуемой системы, построении её модели, изучении её свойств и перенос полученных сведений на моделируемую систему. Полученная модель исследуется для выявления сходства результата применения различных вариантов действий к желаемому, уровня чувствительности модели к различным нежелательным внешним воздействиям, сравнительных затрат ресурсов по каждому из вариантов. Основными функциями моделирования являются описание, разъяснение и предсказание поведения реальной системы. Стандартными целями моделирования являются определение свойств системы, поиск оптимальных, или близких к оптимальным, решений,

анализ и оценка эффективности решений, установление взаимосвязей между характеристиками системы и тому подобное. Результат всего системного анализа зависит от качества полученной модели. Качество модели определяется соответствием выполненного описания запросам, предъявляемым к данному исследованию, а также соответствием получаемых с помощью модели результатов ходу наблюдаемого процесса или явления.

Математическое моделирование – это процесс установления соответствия реальному объекту математического объекта, называемого математической моделью. В статье [3, с. 2] приведены определения терминов «математическая модель» и «математическое моделирование» разными авторами, которые занимаются исследованиями в данной области, в число которых входит А. Н. Тихонов, А. Д. Мышкис, А.А. Самарский и другие. В основном для исследования характеристик какой-либо системы математическими методами, должна проводиться формализация этого процесса, а именно должна быть построена математическая модель. При формулировании системы аксиом, описывающей не только реальный объект, но и некоторую алгебру, а точнее совокупность правил, определяющих допустимые операции над объектом, начинается математическое описание модели. Вид математической модели обусловлен как природой реального объекта, так и задачами исследования и от требуемой точности решения задачи. Как правило, любая математическая модель описывает реальный объект с некоторой степенью приближения.

Математическое моделирование позволяет решить важную задачу – задачу оптимизации, отличительным признаком которой является наличие в ее формулировке критерия оптимальности. В задачах оптимизации наибольшее распространение получили теоретико-аналитические методы составления математической модели. При оптимизации большой или сложной системы четко просматриваются два подхода: систему исследуют

как единое целое или сводят ее к взаимосвязанным задачам оптимизации отдельных компонентов (декомпозиционный метод). Применение того или другого подхода зависит от целей и задач исследования, все же в большей части случаев первый подход наиболее перспективен. В зависимости от решаемой проблемы, от изучаемой предметной области, от математической подготовки экспериментатора и запросов заказчика математические модели могут создаваться различной формы и различным способом представления.

Литература

1. Горлушкина Н.Н. Системный анализ и моделирование информационных процессов и систем: учеб. пособие / Н.Н. Горлушкина. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 120 с.

2. Куклин В. Ж. Системный анализ, моделирование и управление в системе высшего профессионального образования: дис. ... д-ра техн. наук: 05.13.14: защищена 01.06.2000: утв. 08.12.2000 / Куклин Владимир Жанович. – Йошкар-Ола, 2000. – 329 с.

3. Боргоякова Т.Г., Лозицкая Е.В. Математическое моделирование: определение, применимость при построении моделей образовательного процесса // Интернет – журнал «Наукоедение». 2017. №2(9) URL: [naukovedenie.ru / PDF / 82TVN 217.pdf](http://naukovedenie.ru/PDF/82TVN217.pdf).

4. Боргоякова Т.Г. Имитационное моделирование как инструмент системного анализа образовательного процесса // Инженерный вестник Дона, 2017, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4137.

5. Неймарк Ю.И. Математическое моделирование как наука и искусство: учебник. – 2-е изд., испр. и доп. – Н. Новгород: изд-во Нижегородского госуниверситета – 2010. – 420 с.

6. Игонина Е.В. О подходе к построению математической модели гибридной управляемой системы в условиях неопределенности / Е.В. Игонина // Continuum. Математика. Информатика. Образование. – Елецкий

государственный университет им. И.А. Бунина, г. Елец. – 2016. – №3 (3). С. 34-41.

7. Костиневич В. В. Математические модели поиска допустимых структур процессов обучения на основе частичной упорядоченности элементов: дис. ... кандидата техн. наук: 05.13.18: защищена 22.11.2005 / Костиневич Виталий Вячеславович – Пенза, 2005. – 139 с.

8. Brase J.M., Brown D.L. Modeling, Simulation and Analysis of Complex Networked Systems, Lawrence Livermore National Laboratory, LLNL-TR-4112733, 2009. – 18 p.

9. Розин М.Д., Свечкарев В.П. Научное наследие Ю.А. Жданова и современные проблемы моделирования сложных социосистем // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2437.

10. Kalinina A.E. Theoretical and methodological aspects in the development of information systems // Scientific and Technical Information Processing. – 2008. – Vol. 35(1). – pp. 50-54. doi: 10.1007/s11984-008-1009-3

References

1. Gorlushkina N.N. Sistemnyj analiz i modelirovanie informacionnyh processov i sistem: ucheb. Posobie [System analysis and modeling of information processes and systems: manual], SPb: University of ITMO, 2016, 120 p.

2. Kuklin V. Zh. Sistemnyj analiz, modelirovanie i upravlenie v sisteme vysshego professional'nogo obrazovanija [System analysis, modeling and management in the system of higher professional education]: dis. ... of PhD in Engineering: 05.13.14: it is protected 01.06.2000: it is approved 12.08.2000. Yoshkar Ola, 2000, 329 p.

3. Borgojakova T.G., Lozickaja E.V. Internet zhurnal «Naukovedenie», 2017, №2 (9). URL: naukovedenie.ru/PDF/82TVN 217.pdf



4. Borgojakova T.G. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2017, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2017/4137.

5. Nejmark Ju.I. Matematicheskoe modelirovanie kak nauka i iskusstvo: uchebnik [Mathematical modeling as a science and art: a textbook], 2-e izd., ispr. i dop. N. Novgorod: izd-vo Nizhegorodskogo gosuniversitetaju, 2010, 420 p.

6. Igonina E.V. Continuum. Matematika. Informatika. Obrazovanie. Elets State University. Yelets, 2016, № 3 (3), pp. 34-41.

7. Kostinevich V. V. Matematicheskie modeli poiska dopustimyh struktur processov obuchenija na osnove chastichnoj uporjadochennosti jelementov [Mathematical models of search of admissible structures of learning processes on the basis of partial ordering of elements]: dis. ... of PhD in Engineering: 05.13.18: it is protected 22.11.2005. Kostinevich Vitaly Vyacheslavovich, the Penza, 2005, 139 p.

8. Brase J.M., Brown D.L. Modeling, Simulation and Analysis of Complex Networked Systems, Lawrence Livermore National Laboratory, LLNL TR 4112733, 2009, 18 p.

9. Rozin M.D., Svechkarev V.P. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2437.

10. Kalinina A.E. Scientific and Technical Information Processing. 2008. Vol. 35(1). pp. 50-54. doi: 10.1007/s11984-008-1009-3