

*Льноградский Леонид Аркадьевич,*  
руководитель ИТ отделения, канд. техн. наук

## КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМНОЙ МАТРИЦЫ

Россия, Самара, логистическая компания, l.a.lnograd@gmail.com

*Аннотация.* Рассматриваются процессы обследования и составления системы моделей для сложного объекта (предприятия, учреждения). Предложен метод декомпозиции, позволяющий получать устойчивые во времени модули и снижать таким образом размерность исходной задачи. Метод сочетает в себе преимущества уникального продукта и типовой «коробки» с заранее обозначенными функциями.

*Ключевые слова:* системный анализ, проект, декомпозиция.

*Leonid A. Lnogradskii,*  
Head of IT Department, Candidate of Technical Sciences

## SYSTEM MATRIX CONCEPT

Logistics company, Samara, Russia, l.a.lnograd@gmail.com

*Abstract.* The processes of surveying and compiling a system of models for a complex object (enterprise, institution) are considered. A decomposition method is proposed that makes it possible to obtain time-stable modules and thus reduce the dimension of the original problem. The method combines the advantages of a unique product and a standard “box” with pre-designated functions.

*Keywords:* system analysis, project, decomposition.

### Система проектирования

При проектировании сложных систем аналитик обращает основное внимание на сущность объекта, применяя к нему известные теоретические модели и методы. Однако сам процесс проектирования и все, что с ним связано, также является системой. Здесь есть цель, объект, применяемая технология, внешнее окружение. Рассмотрим, к примеру, проектирование системы управления предприятием или учреждением.

Целью аналитика является детальное изучение пожеланий заказчика, имеющихся прототипов, подходов специалистов и построение на этой основе совокупности частных моделей системы (далее – модель), которая устраивала бы всех, обладала гибкостью, эффективностью и проч.

Аналитик имеет дело с представлениями различных участников и старается привести их к единой платформе. В его задачу не входит поиск оригинальных технологий или разработка новых устройств. Достаточно

интегрировать позиции соответствующих специалистов и устранить возможные наложения и пустоты, обеспечить целостность системы. Таким образом, аналитик работает не с объектом, а с частными системами, возникающими в представлении каждого участника процесса.

Структура проекта отражается в спецификациях, алгоритмах, регламентах и других документах. Все существенные решения должны быть обозначены, согласованы и зафиксированы. Множество документов допускает самые разные варианты реализации, и аналитик должен выбрать наиболее понятный и удобный вариант.

Технология проектирования позволяет перейти от исходной неопределенности к полному согласованию, причем желательно определить шаги, которые последовательно приведут к цели, и не допускать возврата к уже принятым решениям и их корректировке, то есть хождения по кругу. Аналитику желательно иметь метод, обеспечивающий эффективное движение проекта к цели.

Наконец, внешнее окружение. Разработка ведется в определенных условиях. Система управления взаимодействует с внешним миром. Информация поступает от партнеров, передается партнерам, существуют законы, правила и так далее. Все это необходимо учитывать в процессе разработки.

### **Инструмент аналитика**

Как видим, вокруг аналитика складывается система, которую мы можем изучать и оптимизировать. Управление заводом, поликлиникой, экологией региона, логистическим складом, университетом – все эти задачи имеют одно общее свойство. Они развиваются, эволюционируют, состав объекта постоянно меняется, внешняя среда также не стоит на месте. Возникают новые подходы, технологии, структурные элементы.

В результате аналитик должен ориентироваться на создание гибкой системы, способной плавно развиваться без существенных переделок. Для этого нужна модель, пригодная для описания не только текущей ситуации, но и далекой перспективы. Разумеется, эта модель будет укрупненной, лишенной деталей, но именно общая часть должна оставаться по возможности устойчивой на перспективу.

Устойчивая модель играет роль шахматной доски, на которой могут появляться новые фигуры с новыми правилами движения, но сама доска остается неизменной на долгую перспективу. Можно ли построить такую модель и как она должна выглядеть?

### **Модель**

Рассмотрим свойства укрупненной модели. На нее наносится информация о текущих представлениях отдельных специалистов, затем она обрабатывается и приводится к целостному виду. В дальнейшем объект развивается, требуется вносить изменения в модель.

Если мы построим монолитную конструкцию, ее придется уже завтра перестраивать. Выход из положения – модульная структура, состоящая из устойчивых элементов, которая легко может быть разобрана и снова собрана в измененном виде. Основой модели являются устойчивые элементы, которые не должны то и дело меняться. Получить такие элементы мы можем в результате декомпозиции.

Мир вокруг нас можно представить как некое множество ресурсов, материальных и информационных, которые находятся в покое до тех пор, пока их не затрагивает некоторый процесс. Тогда ресурсы перемещаются или преобразуются в другие ресурсы. Любой процесс имеет зону действия и нуждается во входных ресурсах, чтобы получить выходные. В этой картине есть множество нюансов, но в целом такой подход позволяет сделать следующий шаг.

Договоримся о том, что будем проводить декомпозицию системы как раз по ресурсам, стоящим на границе двух или более процессов. Сами процессы могут изменяться, даже заменяться на другие, но суть остается прежней – они каким-то образом перемещают или преобразуют определенные ресурсы. Тогда, если выделить ключевые ресурсы на любом уровне, получим устойчивый принцип декомпозиции.

### Определение системы

Система есть совокупность взаимодействующих компонент – целей, внутренней структуры, технологий и внешней среды [1].

$$S = \langle Z, STR, TECH, COND \rangle.$$

Допустим, мы будем рассматривать любую компоненту в терминах ресурсов и процессов. Тогда для сборки системы необходимо установить соответствие между компонентами.

Следующая идея связана с тем, что четыре компоненты можно представить как две пары. В самом деле, разделение ресурсов на внутреннюю структуру и внешнюю среду зависит от положения наблюдателя. Для начальника цеха соседний цех – это внешняя среда, а для директора завода – внутренняя структура. Двигаясь по оси от общего к частному, видим перед собой внутренние структурные элементы. От частного к общему – внешнее окружение (см. рис. 1).



Рис. 1. Пара компонент как единая ось

Не исключено, что эта четвертая структура могла бы быть полезной при определении задач развития молодого специалиста или бизнеса по принципу «от текущей площадки в сторону большого мира».

Таким же образом компоненты целей и технологий образуют вторую ось. Технология – это способ реализации цели, а также оборудование, которое для этого требуется (станок, инструмент, труд рабочего). К примеру, цель – сделать отверстие в детали, тогда варианты технологии – сделать его дрелью или на сверлильном станке. В обратном направлении получаем, что сверлильный станок можно использовать для реализации различных целей.

В итоге, почти не нарушая смысла определения системы, мы приходим к двум осям, которые должны взаимодействовать. Осталось построить на их основе матрицу (см. рис. 2), которая позволяет четко определить местонахождение любого ключевого ресурса. Каждая клетка матрицы – это процесс или множество процессов, но главное – через границы клетки могут перемещаться ресурсы, а процессы локализованы в границах больших или малых клеток [2, 3].

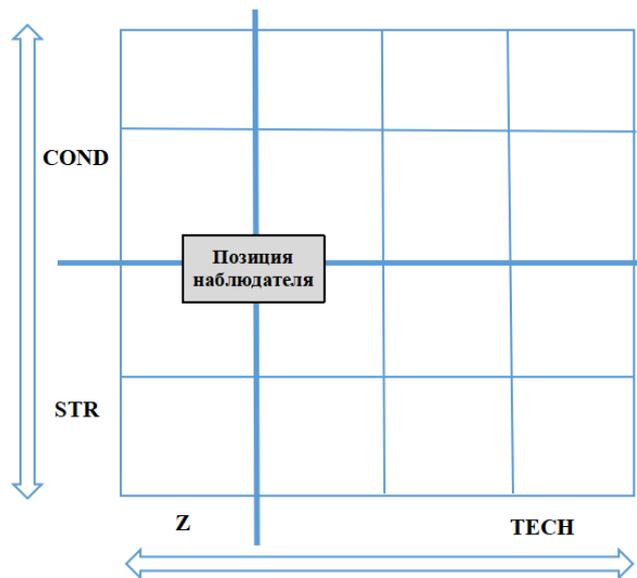


Рис. 2. Системная матрица

Взаимодействие процессов осуществляется путем физического перемещения ресурсов или информационного обмена. Например, детали уходят из механического цеха в сборочный. При этом предварительно в механический цех поступает план, то есть информация, привязанная к ресурсу (деталям), только в будущем периоде.

### Иерархические структуры

Для анализа целостности системы и ее сбалансированности мы пользуемся многоуровневыми иерархическими структурами, предложенными М. Месаровичем [4]. К сожалению, их тоже приходится согласовывать, поскольку каждая из них строится независимо от других.

Рассмотрим матрицу и сопоставим ее со стратифицированной структурой. Нетрудно увидеть, что она соответствует диагонали, идущей от внешних целевых клеток в сторону внутренних технологических. Таким образом, заполняя матрицу, мы «автоматически» построили стратифицированную структуру (см. рис. 3).

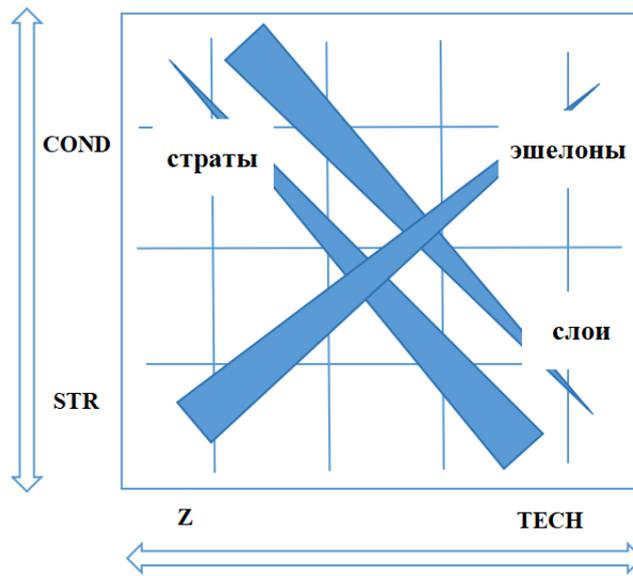


Рис. 3. Многоуровневые структуры на матрице

Мало того, оказывается, что многослойная структура также уже существует. Она возникает на базе той же главной диагонали, но в обратном направлении – от мелких конкретных решений до глобальных. Получается, что эти две структуры являются взаимодополняющими.

Остается «увидеть» многоэшелонную структуру. Посмотрим на вторую диагональ и убедимся, что она отражает движение от общего и конкретного состояния системы к частным целевым. Верхушка эшелона (административной системы) отвечает за всю систему в ее конкретном выражении, а следующие уровни – за часть системы, за частные цели. Мало того, мы можем указать еще на одну структуру, идущую в обратном направлении и отражающую переход от конкретного элемента к множеству подсистем, в которые он может входить.

Таким образом, мы собрали в одной конструкции все основные понятия системы и установили четкий порядок для классификации ресурсов и процессов. Важно, что он не меняется со временем. Сама матрица может развиваться. Отдельные строки могут разделяться на несколько строк или наоборот, то же происходит и со столбцами. При этом вся информация в основном остается прежней, и только в зоне изменений происходит дополнительное разбиение или интеграция ресурсов и процессов.

### Проекты

Практическую проверку матрица проходила при разработке различных систем. Среди них система «АСУ-ремонт» АвтоВАЗа, система

управления ОАО «Завод им. Тарасова», система управления Самарским государственным техническим университетом, ассоциация Юниволга, объединившая ИТ подразделения 12 вузов, кадастр вторичных ресурсов Самарской области, система управления логистическими складами Frame WMS, а также ряд проектов в медицине, строительстве и проч. На рис. 4 показана развертка матрицы в приложении к логистическому объекту.

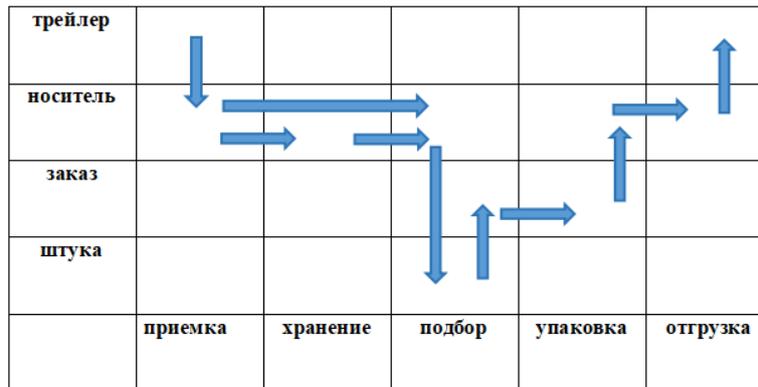


Рис. 4. Развертка матрицы для логистического объекта

Несмотря на указанные успешные разработки, концепция сформулирована и проверена только частично, в эскизном варианте. Надо полагать, что более четкие формулировки, основанные на исследованиях и экспериментах, позволили бы расширить сферу ее применения в самых разных областях.

### **Преимущество концепции**

При традиционном подходе аналитик сначала определяет содержание отдельных компонент, затем устанавливает соответствие между ними. Для контроля целостности системы он использует иерархические структуры.

Вместо этого достаточно определить две оси и построить матрицу, причем этот процесс может выполняться пошагово, от простого эскиза к полноценному описанию. В этом случае имеем одну «карту», а все остальные получаем как ее частные отражения. Любой фрагмент матрицы может быть выделен, детализирован, подвергнут обсуждению и правке. При этом возникающие нарушения целостности системы сразу становятся заметными и требуют согласования.

### **Актуальные вопросы**

Для дальнейшего развития концепции требуется провести работу в нескольких направлениях. Это прежде всего методическая работа, которая раскрывает общую идею и подкрепляет ее конкретными примерами и рекомендациями.

Следующий вопрос – определение границ эффективности концепции. Можно указать системы, в которых она явно полезна, а также другие, где без нее вполне можно обойтись. Между этими группами существует еще множество систем, по отношению к которым вопрос открыт.

Появление типичных шаблонов и средств автоматизированного проектирования позволило бы существенно упростить процесс проектирования и сделать его более понятным для специалистов и заказчиков системы.

По мнению автора, решение этих вопросов и дальнейшее развитие концепции возможно при расширении состава участников. Полем для их взаимодействия мог бы стать сайт *Systemworld.ru*, на котором в последние годы отражаются некоторые результаты по данной теме. Открытые вопросы ждут своих исследователей и разработчиков.

#### **Список литературы**

1. Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем. – М.: Высш. шк., 2006. – 511 с.
2. Лыноградский Л. А. Системная матрица. – Самара: «Издательство СНИЦ РАН», 2013. – 92 с.
3. Лыноградский Л. А. Системное проектирование на основе матричных конструкций // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. науч. трудов XXV Междунар. науч. и уч.-практич. конф. 13–14 октября 2021 г.: в 3-х частях. – Ч. 1 – СПб. : ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2021. – С. 284–289.
4. Месарович М., Мако Д., Такахага И. Теория иерархических многоуровневых систем. – М.: Мир, 1973. – 344 с.