

С. В. МИКОНИ

Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук,
Санкт-Петербург

ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА В ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ СЛОЖНОГО ОБЪЕКТА

Анализируются этапы эволюционного и революционного развития сложного объекта. Скачкообразный период рассматривается с точки зрения смены поколений живых и искусственных систем. Предлагается считать элементом развития выбор предпочтительного представителя поколения. Указывается на несопоставимость представителей разных поколений. Обсуждается отношение между потребительскими и элементарными свойствами сложного объекта. Предлагаются подходы к установлению связей между ними. Показывается зависимость важности оцениваемых показателей от решаемой задачи. Выбор перспективного объекта или его действий решается методами многомерной оптимизации и классификации.

Введение. Управление объектом решает две противоречивые задачи – обеспечение его устойчивости (стабильности) и развития (изменчивости). Устойчивость означает *сохранение* основных свойств объекта в присутствии возмущений, а развитие предполагает их *изменение* (улучшение) и появление новых свойств. Антиподы «сохранение» и «изменение» не следует понимать буквально, ибо сохранение не исключает плавного изменения свойств, а само изменение бывает не только плавным, но и скачкообразным. Другими словами, постоянность (а не устойчивость!) развития заключается в чередовании эволюционных и революционных периодов. В [1] система, реализующая только эволюционный этап развития, называется целенаправленной системой, а реализующая оба этапа развития, – целеустремлённой системой.

Функционирование целенаправленной системы обеспечивается наличием дополнительных ресурсов на её эволюцию, выполняемую путём изменения параметров и реконфигурации носителя операций. Объём ресурсов определяется исходя из предельных возможностей системы, отвечающих закономерности эквивалентности [2]. Недостаток ресурсов не позволяет системе реализовать предельные возможности, а их избыток относится к непроизводительным затратам средств, из чего следует необходимость оптимизации объёма ресурсов.

Согласно [1] особенностью целеустремлённой системы является наличие субъекта управления, под которым понимается человек, выбирающий на распутье путь дальнейшего движения к поставленной цели. Но распутью (бифуркацией) соответствует период революционных изменений системы, и проблема здесь заключается не в привлечении дополнительных ресурсов, а в изменении принципа функционирования системы. В качестве примера приведём извечную мечту человечества о воздухоплавании. Вначале она существовала в сказках о ковре-самолёте. Затем её пытались реализовать с применением крыльев. Потом появилась винтокрылая, а затем и реактивная авиация. В настоящее время большое внимание уделяется беспилотным летательным аппаратам (БЛА). В этом примере переход от одного вида воздухоплавания к другому связан не с привлечением дополнительных ресурсов, а с изменением его принципа.

Это отвечает принципу «идеи, как конечные цели, вечны, а их носители конечны». В биологии этот принцип реализуется сменой поколений клеток в организме и живых особей в популяции. Каждое поколение людей живёт со своими лозунгами, реализуя глобальные устремления человечества. В технике смене поколений отвечает переход на другие принципы и технологии создания искусственных объектов. Принцип смены поколений облегчает трудности прогнозирования будущего состояния целеустремлённой системы, описываемые в [1]. Накопление частных проблем требует кардинального решения общей проблемы, что отвечает закону «перехода количества в качество». Частичное решение проблемы перехода на новый принцип действия заключается в замене модулей, достигших предельных значений в процессе эволюции.

Принципу смены поколений соответствует несопоставимость представителей разных поколений по значениям характеризующих их показателей. Средняя скорость реактивного самолёта более чем в 2 раза превышает скорость винтокрылого самолёта, что требует относить их к

разным категориям качества. В составе одного поколения не все объекты также сопоставимы. Поэтому они объединяются в группы сопоставимых объектов. Условиями сопоставимости объектов являются общее пространство характеризующих их показателей и диапазоны их значений. Сопоставимость представителей одного поколения позволяет выбирать из них лучшего, что является актуальной задачей на каждом этапе развития объектов любого назначения.

Свойства сложного объекта. Сложный объект (СЛО) характеризуется многими десятками свойств [3]. Каждое элементарное свойство измеряется либо физическими, либо отвлечёнными единицами измерения. Однако потребителя СЛО интересуют не столько элементарные, сколько его потребительские свойства. Например, современный беспилотный летательный аппарат характеризуется многими десятками показателей, но пользователя могут интересовать такие обобщённые свойства БЛА, как лётная характеристика, надёжность, живучесть, боекомплект, степень автономности и т.д. Каждое из перечисленных свойств объединяет несколько элементарных свойств. Отсюда возникают задачи с одной стороны определения состава обобщённого свойства, а с другой стороны определения принадлежности элементарного свойства одному из обобщённых свойств.

Рассмотрим проблему определения состава обобщённого свойства на примере лётной характеристики летательного аппарата (ЛА). Безусловно, она характеризуется показателями скорости и потолка полёта. Дальность полёта является расчётным показателем, вычисляемым на основе средней скорости ЛА и потребления горючего (энергии) на 100 км полёта. К этой же группе показателей следует отнести массу ЛА. Для конструктора это будет максимальная взлётная масса ЛА, а для потребителя – максимальная масса полезной нагрузки. За компромиссный показатель можно принять относительную массу полезной нагрузки как отношение массы полезной нагрузки к взлётной массе. Этот показатель отражает эффективность ЛА относительно нагрузки. Для более строгого определения состава обобщённой группы показателей может потребоваться формальный логический анализ взаимосвязи показателей.

Рассмотрим следующий пример [4]. Пусть требуется найти обобщённый (составной) показатель G , которому принадлежит первичный показатель P . В качестве первичного показателя примем «маневренность»: $P = \{\text{маневренность}\}$. Наиболее близкими ему по смыслу являются обобщённые показатели «безопасность» и «устойчивость»: $G = \{\text{безопасность, устойчивость}\}$.

Понятия безопасность и устойчивость различаются целями. Цель обеспечения безопасности – не допустить воздействия (предотвращение), а цель устойчивости – устранить последствия воздействия (устранение отклонений).

Содержания понятий «безопасность» и «устойчивость» характеризуются следующими существенными признаками (СП):

$S(\text{безопасность}) = \{\text{уйти, укрыться, защититься, устранить (опасность)}\}$.

$S(\text{устойчивость}) = \{\text{устранить (отклонение от нормы)}\}$.

Для связывания частного показателя «маневренность» с одним из обобщённых показателей из G в качестве СП будем использовать его обобщённую цель: «обойти препятствие движению». Сопоставим её с частными целями понятия безопасность. Поскольку СП понятий маневренность и безопасность выражены разными словами, возникает проблема нормализации СП, т. е. поиска общих слов.

Слово «обойти» в СП понятия «маневренность» также является одним из вариантов изменения направления движения некоторого объекта, как и слова, принадлежащие понятию «безопасность». Возникает задача определить, какое из них ближе к слову обойти. Наиболее близким ему оказывается слово «уйти» \in «безопасность» с близким корнем. По смыслу именно для ухода (уклонения) от ненужной встречи требуется выбор направления движения.

Очевидно, что достоверность установленной связи между понятиями зависит от достоверности использованных существенных признаков. При извлечении их из определений понятий их достоверность зависит от качества определений. Таким образом, в качестве формального аппарата для определения состава обобщённых свойств СЛО применим логико-лингвистический анализ понятий. Однако оценка обобщённого свойства зависит не только от состава, но и от важности (значимости) характеризующих его первичных показателей.

Влияние важности показателей на оценку сложного объекта. На результат сопоставления объектов по выбранному потребительскому свойству влияет не только состав элементарных свойств и значения их показателей, но и распределение важности (значимости) этих

свойств. Свойства равноважны только в том случае, когда неизвестно, какую задачу должен решать объект. В военных условиях, например, на соотношение важности показателей влияют требования безопасности. При наличии у противника системы ПВО следует отдать предпочтение высоте полёта над скоростью ЛА. Скорость зенитной ракеты превышает скорость ЛА, но за счёт большего времени её подлёта увеличивается возможность маневра ЛА или отстрела ложных мишеней. При оценивании лётной характеристики вертолёта предпочтение следует отдать скорости полёта над его потолком, поскольку высокая скорость на низкой высоте уменьшает возможности противника по обнаружению и поражению вертолёта. Таким образом, соотношение важности показателей зависит от задачи, решаемой объектом и условий её выполнения.

Распределение важности осуществляется на всех уровнях иерархии показателей СЛО в том случае, когда требуется найти общие оценки объектов. При этом следует иметь в виду зависимость важности потребительских свойств СЛО от выполняемой задачи, которая была показана на уровне элементарных свойств. Например, при полёте ЛА в зоне, недостижимой для средств ПВО противника, его лётная характеристика более важна, чем показатели безопасности.

Методы многомерной оптимизации и классификации. Охват всех потребительских свойств сложного объекта с учётом их важности позволяет рассматривать его развитие с точки зрения выбора перспективного образца на основе существующих, либо мыслимых вариантов. Эта задача решается методами многомерной оптимизации.

Применительно к активной сущности набор потребительских свойств можно трактовать как набор свойств-умений. Если экспертным способом задать значения соответствующих взвешенных показателей для нескольких видов деятельности / действий, то решается задача выбора предпочтительных действий активной сущности. Выбор действия осуществляется по минимальному суммарному отклонению от одного из заданных шаблонов. Примером применения такого подхода служит задача профориентации интернов Военно-медицинской Академии [5]. Эта задача решается методом многомерной классификации.

Заключение. Адаптивные свойства целенаправленной системы нацелены на выполнение задач её эволюционного развития. Целенаправленная система необходимо включает скачкообразный этап развития, трактуемый с позиции смены поколений. В каждом поколении идёт отбор наиболее перспективных представителей. Эта задача решается методами многомерной оптимизации. Выбранный объект, как субъект управления, должен выбирать обоснованное действие для решения поставленной задачи. Выбор действия осуществляется методом многомерной классификации.

Исследования, выполненные по данной тематике, проводились в рамках бюджетной темы FFZF–2022–0004.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Шередко Ю.Л., Скурихин В.И., Корчинская З.А.** Концептуальные основы управления развитием целеустремлённых систем. *УС и М*, 2010, №1, С. 3-18.
2. Системный анализ и принятие решений: Словарь-справочник / Под ред. В.Н. Волковой, В.Н. Козлова. М.: Высшая школа, 2004.
3. **Семенов С.С.** Оценка качества и технического уровня сложных систем. Практика применения экспертных оценок. М.: ЛЕНАНД, 2015. 350 с.
4. **Микони С.В.** Связывание показателей в модели оценивания качества сложных объектов на основе определенных понятий. *International Journal of Open Information Technologies* ISSN: 2307-8162 vol. 8, no. 2, 2020. P. 21-26.
5. **Микони С.В., Найденова К.А., Сорокина М.И.** Автоматизация создания системы рационального распределения выпускников Военно-Медицинской Академии с помощью инструментальной системы поддержки принятия решений «СВИРЬ». *Материалы XXXIII международной конференции «Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе IT + S&E'06»*. Гурзуф, 20-30.05.2006. Запорожье: ЗНУ. 2006. С. 111-113.

S.V.Mikoni (St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Saint-Petersburg)

Problems of choice in the process of development of a complex object

The stages of evolutionary and revolutionary development of a complex object are analyzed. The leap period is considered from the point of view of generational change of living and artificial systems. It is

proposed to consider the selection of the preferred representative of the generation as an element of development. The incompatibility of representatives of different generations is indicated. The relationship between consumer and elementary properties of a complex object is discussed. Approaches to establishing links between them are proposed. The dependence of the importance of the estimated indicators on the problem being solved is shown. The choice of a promising object or its actions is decided by the methods of multidimensional optimization and classification.