

## ЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

А.А. Ханова (Астрахань)

Повышение эффективности процессов управления сложными системами, относится к актуальным проблемам стратегического управления и принятия решений. Специфические особенности сложных систем определяют понятийную сложность и неопределенность объекта исследования, высокую размерность задачи анализа и невозможность использования однообразного математического аппарата для разных аспектов стратегического управления сложными системами и затрудненность математического описания формальными моделями. Эффективность стратегического управления принято оценивать в виде системы показателей [1]. Анализ 19 концепций эффективности стратегического управления в виде систем показателей деятельности предприятий по 11 критериям позволил выделить сбалансированную систему показателей (ССП) в качестве концепции для оценки эффективности стратегического управления сложной системой [2].

Разнообразные математические пакеты (Anylogic, Arena, iWebsim, Deductor, Ontostudio и др.) информационного и, прежде всего, имитационного моделирования решают задачи по построению разнообразных типов моделей, однако не позволяют получить синергетический эффект без их совместного применения [3]. При этом такие пакеты в лучшем случае формируют стандартные статистические отчеты с многочисленными статистическими показателями, затрудняющими для руководителя принятие решения в той или иной ситуации. С другой стороны, известны пакеты, позволяющие строить СПП (Business Studio, KPI-Monitor и др.), данные для анализа такие пакеты берут из учетных систем предприятия. Это не позволяет анализировать и прогнозировать эффективность стратегического управления в различных возможных ситуациях в сложной системе на перспективу. Комбинация технологий имитационного моделирования и стратегического управления на основе СПП позволит создать системы поддержки принятия управленческих решений (СППУР), устраняющих это противоречие.

### Архитектура системы поддержки принятия управленческих решений на основе имитационного моделирования

На основе имитационной модели (ИМ) и сбалансированной системы показателей разработана архитектура СППУР в виде совокупности, взаимодействующих элементов, позволяющих обеспечить эффективное управление процессами в сложной системы за счет предоставления комплекса инструментов поддержки принятия решений. Назначение системы - по запросу пользователя «выдавать» советы по поведению в складывающейся на анализируемом объекте проблемной ситуации, причем делать это на уровне опытного пользователя, авторитета в своей области. В связи с чем, разработанный программный комплекс может быть отнесен к СППУР информационно-советующего типа.

Информационно-советующая система не предназначена для замены человека, принимающего решения, поэтому, как правило, не включается в контур управления. СППУР предлагает несколько альтернативных вариантов, право выбора конкретного решения – остается за лицом принимающим решение (ЛПР).

Рассмотрим реализованное в СППУР управление сложной системой на основе имитационного моделирования, сбалансированной системы показателей [4] и интегрированных мультиаспектных SCIPEO-моделей, представляющих интеграцию и конвергенцию ситуационной (S), когнитивной (C), имитационной (I), процессной (P),

экспертной (Е) моделей на основе онтологического (О) подхода [5], и являющийся развитием концепции ситуационно-имитационно-экспертного (SIE) моделирования [6]. Архитектура СППУР включает в себя следующие компоненты: модуль формирования управленческих решений, онтологический, ситуационный, имитационный, процессный и экспертный модули, модуль априорного и апостериорного анализа ССП, включая когнитивный модуль и информационное хранилище (рис. 1).

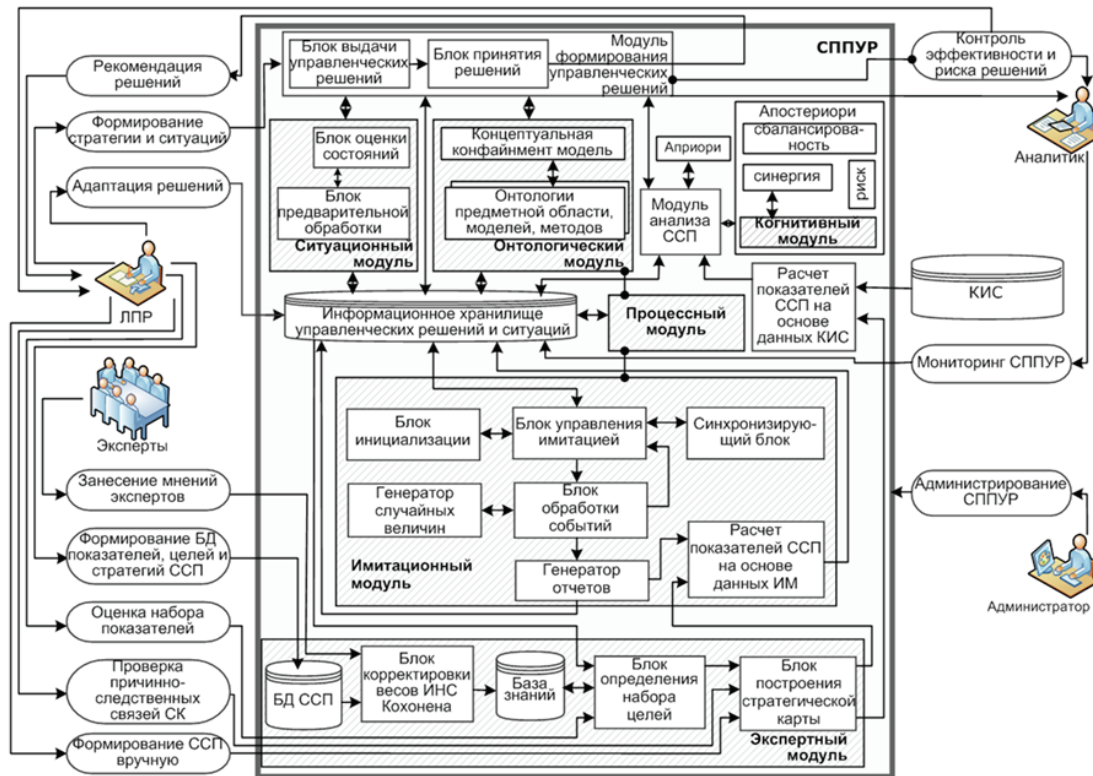


Рис. 1. Логическая структура СППУР

Данные онтологии дорабатываются и изменяются в соответствии с изменениями внешних факторов предметной области, а также внесением по мере использования тех или иных методов управления (ABC, XYZ-анализ, функционально-стоимостной анализ или др.), которые можно «прогнать» на имитационной модели. Изменения вносятся и в имитационный модуль. Модули, реализующие в СППУР соответствующие интегрированным мультиаспектным SCPEO-моделям, выделены на рис. 1 штриховкой. Перед началом работы СППУР необходимо заполнить базу данных показателей, целей и стратегий и провести обучение искусственной нейронной сети (ИНС), с целью генерации структуры ССП. База данных ССП заполняется ЛПР. Для каждого показателя, цели и стратегии заполняются соответствующие информационные тезаурусы, включая контрольное значение (норму) для каждого показателя, которое желательно достичь при реализации стратегии. Мнения экспертов заносятся в блок корректировки весов ИНС, после чего происходит заполнение базы знаний стратегиями развития сложной системы и соответствующими им наборами целей и показателей. ЛПР формирует стратегию развития сложной системы и возможные ситуации функционирования сложной системы и тем самым формирует запрос к СППУР, который поступает непосредственно в модуль формирования решений.

Модуль формирования управленческих решений передает информацию о выбранной стратегии и возможных ситуациях в ситуационный модуль, в котором происходит оценка ситуации и набора показателей ССП. Далее ситуационный модель через информационное хранилище, играющее роль компьютерного консультанта в процессе поддержки принятия

решений, запускает блок определения набора целей на основе ИНС. Блок определения набора целей выбирает из базы знаний экспертного модуля СППУР ранжированные варианты набора целей и показателей для выбранной стратегии. ЛПП оценивает выданные наборы. Выбранный ЛПП набор целей и показателей ССП поступает в блок построения стратегической карты, в котором ЛПП устанавливает связи между соответствующими целями и показателями. Также имеется возможность формирования ССП вручную. Информация о показателях ССП вместе с их контрольными значениями далее поступает в информационное хранилище СППУР, в блоки расчета показателей ССП на основе ИМ и на основе базы данных корпоративной информационной системы предприятия. На этом этапе возможна априорная проверка структуры ССП.

Одновременно модуль формирования управленческих решений передает информацию о выбранной стратегии и возможных ситуациях в онтологический модуль, где в соответствии с поставленной задачей на основе концептуальной конфайнмент-модели [7] осуществляется выбор необходимой онтологии второго уровня, и подбираются возможные для достижения заданной стратегии управленческие методики, а также составляются сценарии проведения экспериментов с имитационной моделью. Эта информация передается в блок инициализации ИМ. Если ранее планируемые эксперименты уже были проведены, то по искомой проблемной ситуации определяется информация в информационном хранилище управленческих решений и ситуация (ХРС) и модулем формирования управленческих решений выдаются рекомендации по управленческим решениям (УР). Если информация об искомой проблемной ситуации не обнаружена и, следовательно, требуемых экспериментов не было проведено ранее, информационное хранилище запускает управляющий блок ИМ. Управляющий модуль ИМ вызывает модуль инициализации, где происходит установка часов модельного времени в «0», задание исходного состояния (ситуации) системы и установка статистических счетчиков в «0», инициализация списка событий (в соответствии с предложенной модулем онтологии управленческой концепции). Далее управление через управляющий блок ИМ передается в блок синхронизации, в котором определяется тип следующего события, и перевод часов модельного времени. Эти две операции повторяются многократно. Далее начинает работать блок обработки событий, который выполняет обновления состояния системы, статистических счетчиков и генерирует время будущих событий и добавляет его в список событий. Для этого он постоянно взаимодействует с генератором случайных величин. Далее происходит проверка окончания имитации. Если имитация не окончена, то управление снова передается в управляющий блок, если окончена – запускается генератор отчетов.

Структурированная информация о прогонах имитационной модели поступает в блок расчета показателей ССП на основе ИМ и далее – в информационное хранилище. После этого информация о новой проблемной ситуации через информационное хранилище становится доступна в ситуационном модуле. Обращение к информационному хранилищу осуществляется на каждом этапе функционирования СППУР путем внесения в него новых данных или выбора уже имеющейся информации. Изменение содержания модулей формирования управленческих решений, ситуационного модуля, а также онтологического, имитационного и экспертного модулей непосредственно сказывается на содержании информационного хранилища, дополняя его.

Информационное хранилище периодически обращается к имитационной модели для пополнения информацией о прогонах с новыми, ещё не использовавшимися до этого, параметрами. На последнем этапе управление переходит модулю оценки ССП, в котором происходит апостериорный анализ ССП путем сравнения контрольных показателей и показателей из базы данных КИС для того чтобы ответить на вопрос «как есть?», или контрольных показателей и показателей полученных на основе прогонов ИМ, если нужно ответить на вопрос «что будет если?».

Полученная информация поступает в модуль формирования управленческих решений, где и происходит окончательное формирование решения по предложенной стратегии и проблемной ситуации. Из модуля формирования управленческих решений информация попадает к ЛПР и аналитику, тем самым осуществляется контроль эффективности выдаваемых системой решений. После того как осуществлен двусторонний контроль эффективности решения путем взаимодействия ЛПР и аналитика, ЛПР заносит в ХРС адаптированное в соответствии с этим решение. В результате работы СППУР предоставляются качественные или количественные оценки альтернатив решения и рекомендация по принятию решения. Предлагаемая система должна поддерживать заданный уровень адекватности и актуальности для текущих экономических условий. Для этого в контуре функционирования предусмотрены режимы адаптации и обучения.

### **Методика создания имитационной модели**

Центральным модулем в структуре СППУР является имитационная модель сложной системы. Разработана методика создания ИМ на основе интеграции онтологической и процессной моделей предметной области, включающая в себя следующие основные этапы:

**Этап 1.** Построение онтологии верхнего уровня в нотации IDEF0 и в виде концептуальной конфаймент-модели (ККМ).

**Этап 2.** Детализация каждого элемента онтологии верхнего уровня в виде иерархической конфаймент-модели (ИКМ) предметной области в нотации IDEF5.

**Этап 3.** Выделение необходимой для исследования части онтологии с помощью механизма вывода [8].

**Этап 4.** Параметрическая формализация элемента «Процессы сложных систем» [5]. Выявление показателей для анализа процессов, методов – для улучшения процессов и т.д.

**Этап 5.** Трансформация IDEF0-модели в IDEF3 процессную модель AS-IS («как есть») и выбор степени детализации модели.

**Этап 6.** Разработка желаемой модели с перспективой процессов – SHOULD-BE («как должно быть») – идеальной конфигурации сложной системы, к которой следует стремиться.

**Этап 7.** Трансформация процессной модели в концептуальную имитационную SIMAN-модель. Для каждого фактора случайности определение вида вероятностного распределения математических функций эмпирических данных. Сбор статистических данных для требуемых переменных состояния и на их основе определение функции вероятностного распределения.

**Этап 8.** Разработка и отладка программной реализации ИМ, верификация модели, оценка адекватности, исследование свойств ИМ на основе анализа чувствительности и др. Стратегическое и тактическое планирование имитационного эксперимента. Составление плана эксперимента, определение условий прогона ИМ для выбранного плана, сбор статистики работы модели в предложенной ситуации.

**Этап 9.** Построение реальной модели желаемого состояния процессов (конфигурации) сложной системы TO-BE («как будет»).

На основе приведенных подходов разработана обобщенная структура ИМ для СППУР, включающая: общее описание классов (транзактов, ресурсов) и процессов сложной системы; атрибуты ИМ; диаграммы переменных состояний. В качестве надстройки для организации сбора статистики в виде Сбалансированной системы показателей используются специализированные хранилища данных. По предложенной методике можно строить имитационные модели для СППУР в различных предметных областях. Пример обобщенной структуры ИМ в терминах SIMAN для грузового порта (ГП) представлен на рис. 2.





Рис. 2. Обобщенная структура ИМ в терминах SIMAN

## Выводы

Определена логическая структура системы поддержки принятия управленческих решений в сложных системах, отличающаяся интеграцией и конвергенцией мультиаспектных SCIPEO-моделей предметной области. Сформулирована методика создания имитационных моделей для систем поддержки принятия управленческих решений на основе построения двухуровневой концептуальной конфейнмент и процессных моделей предметной области. Логическая структура системы поддержки принятия управленческих решений на основе имитационной модели имеет универсальное назначение и позволяет в зависимости от загружаемого контента и организации взаимодействия модулей решать широкий спектр задач управления сложными системами.

## Литература

1. **Khanova A.A., Protalinski O.M., Averianova K.I.** The elaboration of strategic decisions in the socio-economic system // Journal of Information and Organizational Sciences. Vol. 41, No 1 (2017). P. 57–67.
2. **Попов Д.** Эволюция показателей стратегии развития предприятия, продолжение (начало) / Д. Попов // Управление компанией: журнал. 2003. №1. С. 66–77.
3. **Щербатов И.А., Проталинский И.О.** Математическое моделирование сложных многокомпонентных систем // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2014. Т. 20. № 1. С. 17–26.
4. **Каплан Роберт С.** Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию / Роберт С. Каплан, Дейвид П. Нортона. М. : ЗАО «Олимп-Бизнес», 2006. 320 с. : ил.
5. **Ханова А.А.** Принятие управленческих решений на основе мультиаспектного интегрированного моделирования сложных систем / А.А. Ханова // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2016. № 4. С. 99–108.
6. **Филиппович А.Ю.** Интеграция систем ситуационного, имитационного и экспертного моделирования / А. Ю. Филиппович. М. : Изд-во «ООО Эликс+», 2003. 300 с.
7. **Мухачева Н. Н.** Онтологические модели и методы для управления информационно-интеллектуальными ресурсами организации / Н. Н. Мухачева, Д. В. Попов // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2010. Т. 14. № 1. С. 123–135.
8. **Горохов А.В.** Синтез имитационных моделей макросистем на основе онтологических описаний / А. В. Горохов, О. В. Шелех // Труды Института системного анализа Российской академии наук. 2009. Т.39. С. 195–201.