

# КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ ИНТЕГРИРОВАННЫХ СИСТЕМ

**В.П. Кочин**

*Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь  
E-mail: kochyn@bsu.by*

Статья посвящена проектированию сложных систем. В статье описывается современное состояние и эволюция процессов проектирования и создания информационных систем. Рассматриваются основные подходы к проектированию сложных систем, основанные на классическом и системном подходах. Описывается подход к проектированию систем, основанный на теории динамического хаоса. На основе результатов анализа существующих подходов к проектированию сложных интегрированных систем обоснована необходимость разработки новых моделей и методов проектирования сложных интегрированных систем. Предложена модель сложных и интегрированных систем, основанная на теории нечетких множеств. Определены основные параметры модели.

**Ключевые слова:** сложная система; проектирование сложных интегрированных систем; теория нечетких множеств.

Методологии проектирования различных информационных систем развивались с 50-х годов XX века. На начальном этапе, как правило, они относились к локальным информационным системам.

Быстрое развитие в конце 90-х - начале 00-х годов локальных и глобальных сетей, в первую очередь интернета, создало предпосылки для резкого возрастания потребностей в создании различных информационных систем, по сути, процесс их разработки стал носить массовый характер, а сложность возрастать.

Существующие подходы к проектированию сложных информационных систем предназначены для управления различными бизнес-процессами. Как правило, такие системы позволяют управлять отдельными процессами, но при этом имеют интерфейсы для взаимодействия с другими системами. Несмотря на это, данный подход является фрагментарным и не позволяет создавать сложные интегрированные системы управления бизнес-процессами. При небольшом размере системы существующие подходы, которые мы называем, позволяют достаточно эффективно осуществлять цифровую трансформацию бизнес-процессов. В то же время, по мере роста размера системы, фрагментация методов проектирования не позволяет нам проектировать сложные интегрированные системы, позволяющие оптимизировать цифровизацию бизнес-процессов на системной основе [1].

Сложная интегрированная система – это система, состоящая из множества элементов и имеющая многоуровневую структуру как в програм-

мно-техническом плане, так и в организационно-правовом. Многоуровневая структура имеет множество взаимосвязей как между несколькими элементами, так и внутри многоуровневой структуры. В результате сложная интегрированная система приобретает новые функции и возможности, которые не характерны для отдельных элементов системы. Сложная интегрированная система может состоять как из независимых автономных систем, так и из подсистем и других компонентов. Компоненты сложной интегрированной системы могут быть полностью интегрированы в сложную интегрированную систему или частично интегрированы [2]. По определению, сложная интегрированная система состоит из множества элементов, каждый из которых состоит из разных уровней. В зависимости от объекта проектирования количество уровней может варьироваться. В то же время применительно к информационным системам можно выделить основные уровни (рис. 1).

- 1) Технический уровень.
- 2) Программный уровень.
- 3) Организационный уровень.
- 4) Правовой уровень.
- 5) Экономический уровень.

Важной отличительной чертой сложной интегрированной системы является интегрированность, которая определяется наличием множества связей. Причем связи могут быть как между однородными плоскостями различных элементов, так и между разнородными. Количество связей определяется функциями и свойствами сложной интегрированной системы. Например, для реализации определенной функциональности может существовать только одна связь между юридическим уровнем одного элемента и программным уровнем другого элемента. На рис. 1 показана модель сложной интегрированной системы.

Согласно определению, сложная интегрированная система включает в себя множество различных систем и подсистем с различной степенью вхождения на разных уровнях.

$$P = \{P_1; P_2; \dots; P_n\}, \quad (1)$$

где  $P$  – сложная интегрированная система;

$P_i$  – элементы (системы, подсистемы), входящие в состав сложной интегрированной системы.

$$P_i = \{O_1^i; O_2^i; O_3^i; O_4^i; O_5^i\}, \quad (2)$$

где  $O_1^i$  – технический уровень  $P_i$ -го элемента СИС;

$O_2^i$  – программный уровень  $P_i$ -го элемента СИС;

$O_3^i$  – организационный уровень  $P_i$ -го элемента СИС;

$O_4^i$  – правовой уровень  $P_i$ -го элемента СИС;

$\alpha_5^i$  – экономический уровень  $P_i$ -го элемента СИС.

Степень вхождения  $i$ -го элемента в сложную интегрированную систему  $P$  определяется функцией принадлежности

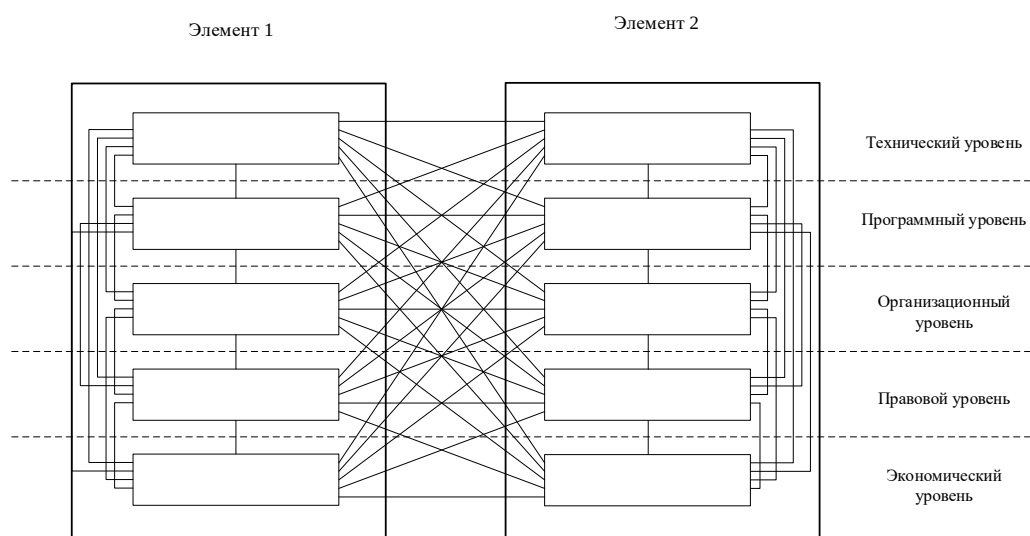
$$P = \{\mu_i(p_i) / p_i\}, \quad (3)$$

где

$$\mu_i : P_i \rightarrow [0,1] \quad (4)$$

характеризует степень принадлежности  $i$ -го элемента сложной интегрированной системе  $P$  в единичном отрезке от 0 до 1.

$\mu_i$  – функция принадлежности  $i$ -го элемента множеству  $P$ .



Модель сложной интегрированной системы

Таким образом, совокупность функций принадлежности сложной интегрированной системы определяет ее свойства и функциональные возможности. Определение функции принадлежности является одним из важных этапов проектирования сложной интегрированной системы [3].

Одним из этапов проектирования сложной интегрированной системы является задание границ. Для этих целей будут использоваться понятия носителя и высоты сложной интегрированной системы  $P$ . Данные характеристики совместно с функцией принадлежности определяют границы сложной интегрированной системы.

Носителем  $S$  называется множество всех элементов сложной интегрированной системы  $P$ , которые имеют ненулевую функцию принадлежности.

$$S = \{p_i \in P_i : \mu_i(p_i) > 0\} \quad (5)$$

Высота определяет верхнюю границу  $\mu_i(p_i)$ , т.е. максимальное значение функции принадлежности

$$\sup \mu_i(p_i). \quad (6)$$

Сложная интегрированная система включает в себя различные элементы (системы, подсистемы и др.) с различной степенью вхождения. Таким образом сложная интегрированная система будет определена как:

$$P = \frac{\mu_1(p_1)}{p_1} + \frac{\mu_2(p_2)}{p_2} + \dots + \frac{\mu_i(p_i)}{p_i} = \sum_{i=1}^n \frac{\mu_i(p_i)}{p_i}, \quad (7)$$

где  $n$  – количество элементов, входящих в сложную интегрированную систему.

По мере развития информационных технологий менялись подходы к проектированию различных информационных систем. Это было обусловлено ростом сложности информационных систем. Традиционные подходы к проектированию не учитывали рост сложности и количество интеграционных связей. Таким образом, известные подходы к проектированию информационных систем становятся неэффективными для сложных интегрированных систем.

В качестве сложной интегрированной системы может выступать любая социотехническая система, биологическая система и т.д. В рамках данной работы объектом исследования являются информационные системы и платформы различного уровня, а также процессы цифровой трансформации различного уровня [4, 5]. По этой причине исследования проводились применительно к информационным системам и платформам. Для проектирования сложных интегрированных систем предложена формальная модель, основанная на методах нечеткой логики. Данная модель учитывает множество связей как между элементами, так и между уровнями.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. *Кочин В.П.* Проектирование сложных интегрированных систем как основа успешной реализации стратегии цифровой трансформации // *Веснік сувязі*. 2022. № 5. С. 41–47.
2. *V. Kochyn, A. Kourbatski.* Conceptual design of complex integrated systems // *Открытые семантические технологии проектирования интеллектуальных систем: Сборник научных трудов*, Минск, 2023 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники; ред-кол.: В. В. Голенков (отв. ред.) [и др.]. Минск, 2023. Вып. 7. С. 33-38.
3. *В.П. Кочин, А.Н. Курбацкий.* Методика проектирования сложных интегрированных систем // *Веснік сувязі*. 2023. № 6. С. 60–63.
4. *V.P. Kochyn, A.V. Zherelo.* Designing a secure fail-safe cloud repository of paperworks of students and employees of educational institutions // *Journal of the Belarusian State University. Mathematics and Informatics*. 2021. № 3. P. 104-108.
5. *В.П. Кочин, Ю.И. Воротницкий.* Проектирование и обеспечение безопасности интегрированных образовательных информационно-коммуникационных систем. Минск: БГУ, 2022. С. 167.