

Редуцированная вероятность инфицирования при использовании несовершенной вакцины при этом  
 $0 < \alpha \leq 1$

Тогда система обыкновенных дифференциальных уравнений для описания динамики распространения инфекционного заболевания принимает вид

$$\begin{aligned}\frac{dS}{dt} &= -\beta IS - \rho S \\ \frac{dV}{dt} &= \rho S - \alpha \beta IV \\ \frac{dI}{dt} &= \beta IS + \alpha \beta IV - I \\ \frac{dR}{dt} &= I\end{aligned}$$

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Brauer Fred, Castillo-Chavez Carlos, Feng Zhilan *Mathematical Models in Epidemiology* / F. Brauer, C. Castillo-Chavez, Zh. Feng – New York: Springer, 2019. – 625 p.
2. Li, Michael Y *An Introduction to Mathematical Modeling of Infectious Diseases* / M.Y. Li – New York: Springer, 2018. – 163 p.
3. Martcheva, Maia *An Introduction to Mathematical Epidemiology* / M. Martcheva – New York: Springer, 2015. – 462 p.

## МЕТОДОЛОГИЯ И ПРИНЦИПЫ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ METHODOLOGY AND PRINCIPLES OF SYSTEMS ANALYSIS WHEN DESIGNING INFORMATION SYSTEMS

***T. В. Смирнова, Н. Б. Борковский***  
***T. Smirnova, N. Borkovsky***

*Международный государственный экологический институт имени А.Д. Сахарова  
Белорусского государственного университета, г. Минск, Республика Беларусь  
smirnova@iseu.by  
Belarusian State University, ISEI BSU, Minsk, Republic of Belarus*

Приведены материалы по применению методологии системного подхода и методов системного анализа при проектировании сложных информационных систем, включая экосистемы. Рассмотрены этапы проектирования, основанные на системном подходе, и практическое построение модели на языке объектно-ориентированного моделирования UML в редакторе диаграмм Rational Rose.

The materials on the application of the methodology of the system approach and methods of systems analysis in the design of complex information systems, including ecosystems are presented. The design stages based on the system approach and the practical construction of a model in the object-oriented modeling language UML in the Rational Rose diagram editor are considered.

*Ключевые слова:* система, системный анализ, системный подход, модель, экспертные методы, принятие решений.

*Keywords:* system, systems analysis, systems approach, model, expert methods, decision making.

<https://doi.org/10.46646/SAKH-2021-2-418-421>

Прикладная наука на современном этапе имеет дело не просто со сложными проблемами, но лежащими на стыке различных областей знания. Совершенствование вычислительной техники, появление новых направлений в физике, химии, математических дисциплинах способствовало формированию новой методологии исследований – системному анализу, основанному на системном подходе к явлениям.

Системный анализ – междисциплинарная наука, использующая как количественные методы математики, так и качественное описание процессов и явлений, связанных с функционированием сложных систем.

## 1 Роль системного анализа в проектировании информационных систем

Одна из характерных тенденций развития общества – появление больших и сложных систем, обусловленных увеличением сложности технических средств, что предполагает повышение требований к качеству их проектирования и управления.

Проектирование любой системы предполагает обязательные этапы:

1. Определить цель и показатели эффективности системы
2. Разработать структурную схему системы
3. Установить связи между подсистемами и отношения между отдельными элементами
4. Выявить необходимые ресурсы
5. Учесть влияние внешней среды
6. Обосновать оптимальный алгоритм функционирования системы для достижения цели

Важнейший этап построения системы – выделение и изучение структуры как совокупности элементов и связей между ними. Связь – обязательное свойство системы, которое обеспечивает возникновение и сохранность структуры и целостных свойств системы. Общее число связей обуславливает сложность системы, при этом число внутренних связей определяет внутреннее устройство системы, число внешних связей характеризует взаимодействие системы со средой. Общее число взаимодействий между элементами определяет устойчивость системы.

Решение таких вопросов требует системного подхода, в основе которого лежит представление о системе как целом объекте, взаимодействующем с внешней средой. Системный подход – это совокупность некоторых общих принципов, применяемых при проектировании сложных объектов.

К числу важнейших принципов относят следующие:

- Принцип выявления цели построения системы
- Принцип целостности предполагает, что исследуемый объект рассматривается как автономный относительно окружающей среды.
- Принцип сложности указывает на необходимость рассматривать объект, как сложную совокупность различных элементов, находящихся в разнообразных связях между собой и окружающей средой
- Принцип всесторонности указывает на то, что объект нужно изучать со всех сторон.

В зависимости от уровня сложности, все проблемы подразделяются на три класса:

1. хорошо структурированные (количественно сформулированные проблемы);
2. не структурированные (качественно выраженные проблемы);
3. слабо структурированные (проблемы, состав элементов и взаимосвязей которых установлен только частично; задачи, содержащие неперебиваемые на язык математики неформализуемые элементы)

Для решения хорошо структурированных проблем (формализованных) используется методология исследования операций. Она состоит в применении математических моделей и методов для отыскания оптимальной стратегии управления целенаправленными действиями.

В неструктурированных проблемах традиционным является эвристический метод, который состоит в том, что опытные эксперты собирают различные сведения о решаемой проблеме, и на основе количественных оценок и суждений вносят предложения о действиях для решения проблемы.

К слабо структурированным проблемам, для решения которых предназначен системный анализ, относится большинство наиболее важных технических, экономических, военно-стратегических и сопутствующих задач крупного масштаба.

Типичными проблемами являются те, которые:

- 1) намечены для решения в будущем;
- 2) сталкиваются с широким набором альтернатив;
- 3) зависят от текущего несовершенства технологических достижений;
- 4) требуют больших финансовых вложений и содержат элементы риска и неопределенности;
- 5) сложны и затратны по ресурсам, необходимых для их решения.

Методы системного анализа направлены на выдвижение альтернативных вариантов решения проблемы, выявление масштабов неопределенностей по каждому из вариантов. Основной результат системного анализа – не количественное решение проблемы, а увеличение степени ее понимания и возможных путей решения как у специалистов и экспертов, участвующих в исследовании проблемы, так и у лиц, ответственных за принятие решения.

## 2 Основные фазы проектирования информационной системы

Прикладным объектом системного анализа в экологии и медицине выступают реальные объекты природы, которые и рассматриваются как системы. Объекты характеризуются составом, структурой, системной организацией, функционированием и развитием. Характерная особенность таких объектов – непредсказуемость, короткие нелинейные связи между компонентами, наличие обратных связей как внутри объектов, так и с внешней средой.

Необходимый этап разработки информационной системы – описание этапов ее жизненного цикла. Жизненный цикл (ЖЦ) информационной системы – совокупность стадий и этапов, которые проходит система в своем развитии от момента принятия решения по созданию или усовершенствованию до момента прекращения существования. На практике реализуются три модели ЖЦ, зависящие от сложности постановки, наличия информации, полноты сформулированных требований: каскадная, инкрементная, спиральная (Рис.1)

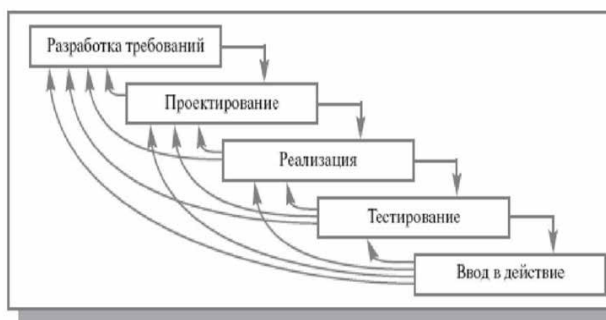


Рис.1а. Инкрементная модель ЖЦ



Рис.1б. Спиральная модель ЖЦ

На первом этапе любой модели ЖЦ формулируются потребности в новой системе или идентифицируются недостатки в существующей. Переход к следующим этапам происходит либо последовательно после завершения всех работ этапа, либо итерационно (или инкрементно), с уточнением требований к этапу и созданием нескольких версий продукта.

Для экологических систем, где присутствуют вероятностные оценки, неопределенность состояния внешней среды в каждый момент времени, часто отсутствуют сильная связь между признаками, целесообразно использовать спиральную модель ЖЦ, пригодную для создания системы любой сложности при отсутствии основных требований в начале работы над проектом.

### 3 Методы системного анализа

Различают неформальные и формальные методы системного анализа [1].

К неформальным методам относят следующие.

- Метод мозгового штурма. Используется для поиска новых идей на основе обсуждения и выработки конструктивных решений.
- Метод экспертных оценок. Выбор наиболее предпочтительного варианта основан на оценках экспертов о достоверности или значимости события.
- Метод «Дельфи» применяется для усовершенствования форм и методов работы системы.
- Диагностические методы для предсказания возможных отклонений в работе системы.
- Морфологические методы – для нахождения всевозможных вариантов реализации системы путем комбинирования выделенных элементов или признаков.
- Метод дерева целей – иерархическое деление общей цели на подцели.

Формализованные методы: сетевые; статистические, аналитические (аппарат нелинейного и динамического программирования, матричных игр).

В решении задач прикладной экологии главная роль принадлежит математическому моделированию.

Основные этапы построения математической модели с применением системного подхода:

- 1) Выделение системы из внешней среды, разбиение множества связей на входные и выходные параметры.
- 2) Выбор аппарата формализации
- 3) Построение внешнего описания системы: поиск области определения и области значений.
- 4) Тестирование модели. Если модель адекватно описывает поведение сложной системы, то переходим к внутреннему описанию системы определяем ее характеристики.

### 4 Использование экспертных оценок при проектировании информационных систем

В рамках дисциплины «Системный анализ и проектирование информационных систем» для студентов специальности «Информационные системы и технологии» разработан комплекс работ по применению методов системного анализа для решения неструктурированных и слабоструктурированных проблем.

Метод экспертных оценок основан на результате опроса группы экспертов – специалистов в конкретной области). Оценки могут быть представлены в числовых или номинальных шкалах.

Для решения неструктурированных проблем представлены методы экспертных оценок:

- Методы формирования индивидуальных экспертных оценок (метод рангов, методы парных сравнений, последовательных сопоставлений, взвешивания экспертных оценок)
- Методы формирования коллективных экспертных оценок (сбор исходных данных для метода Delpi, построение дерева целей, оценка согласованности мнений с применением коэффициента конкордации, метод Саати).

Для представления получаемой от экспертов эвристической информации введены различные виды шкал, позволяющие формализовать оценки для удобства их обработки.

Для решения слабоструктурированных задач предложен метод кластерного анализа, предназначенный для разделения множества анализируемых объектов и явлений на группы объектов, схожих друг с другом по каким-либо признакам. На учебном примере рассмотрены особенности применения методов кластерного анализа.

1. Подготовка данных, нормализация признаков объектов.

## 2.Разделение объектов по кластерам методом К-средних или максимина.

### 5 Строеение и функционирование систем

До построения модели системы требуется получить практические навыки в выделении компонент и элементов системы, описывать свойства системы, ее внутреннюю структуру и взаимодействие с внешней средой, возможности управления системой.

На учебном примере модели технического устройства рассмотрены этапы:

1. Построение иерархии состава, с выделением подсистем и отдельных элементов.
2. Описание сущностного свойства системы, доказательство его эмерджентности.
3. Описание структуры системы, ее взаимодействия с окружающей средой.
4. Выделение характеристик системы, описывающих ее поведение во времени.
5. Описание различных состояний системы, наличие обратных связей.
6. Механизмы управления системой.

Для построения модели разработанной системы использовался язык унифицированного моделирования UML [2]. Язык UML позволяет разработать подробный план создаваемой системы, содержащей все ее элементы, схемы баз данных и программные компоненты многократного использования. В результате получаем код на языке программирования C++. Для работа с языком использовался редактор диаграмм Rational Rose.

В качестве одного из самостоятельных заданий разработана и построена модель информационной системы приемного отделения больницы, позволяющая решать основные задачи по автоматизации процесса регистрации и ведения пациентов, с доступом к базе данных. Диаграммы некоторых вариантов использования приведены на Рис.2а, б

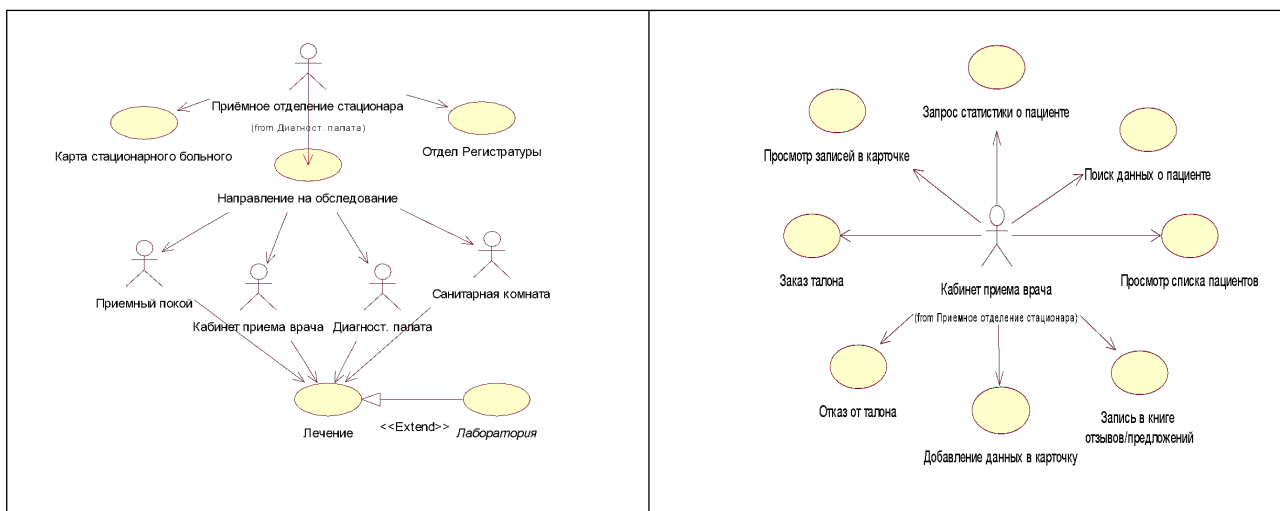


Рис.2а. Диаграмма вариантов использования (сценариев поведения пользователей системы) на уровне приемного отделения

Рис.2б. Функциональные возможности системы по автоматизации процесса сопровождения истории болезни

### Заключение

Одна из задач системного анализа – раскрытие проблем, стоящих перед руководителями, принимающими решения, настолько, чтобы им стали очевидны все основные последствия решений, которые можно было учитывать в своих действиях. Системный анализ помогает ответственному за принятие решения лицу более строго подойти к оценке возможных вариантов действий и выбрать наилучший из них с учетом дополнительных, неформализуемых факторов и моментов. Ценность системного анализа, основанного на системном подходе, состоит в большем понимании сути проблемы, в более четкой формулировке глобальной цели, в выявлении общих элементов и обнаружении скрытых связей.

В работе представлены результаты применения методов системного анализа при решении задачи построения модели информационной системы. На этапе предварительного анализа требуется провести экспертизу разрабатываемой системы. Предложены методы экспертного оценивания и выбора наилучшего варианта.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Волкова В. Н., Денисов А.А. Теория систем и системный анализ. М.: Изв-во Юрайт, 2014 – 616 с.
2. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений, 3-е изд.: Пер с англ. – М.: ООО “И.Д. Вильямс”, 2010. – 720 с.