

**Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»**

**Институт информационных технологий
и управления в технических системах
Кафедра «Информационные системы»**

СИСТЕМНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

КУРСОВОЙ ПРОЕКТ

Учебно-методическое пособие

для студентов всех форм обучения направления подготовки
09.04.02 «Информационные системы и технологии» (магистратура)



Севастополь
2017

УДК 004.07

Учебно-методическое пособие по дисциплине «Системная инженерия» для студентов всех форм обучения направления подготовки 09.04.02 «Информационные системы и технологии» (магистратура) / Разраб. Ю.В. Доронина – Севастополь: Изд-во СевГУ, 2017.

Учебно-методическое пособие рассмотрено и утверждено на заседании кафедры «Информационные системы», протокол № ____ от «31» августа 2017 г.

Допущено учебно-методическим центром СГУ в качестве учебно-методического пособия.

Содержание	Стр
1. Общие сведения, цели и задачи курсовго проектирования	4
2. Содержание пояснительной записки	4
3.Выбор тем курсового проектирования	5
4.Порядок защиты курсового проекта	5
5.Теоретические сведения и примеры выполнения задания на курсовое проектирование	6
5.1.Системный анализ задачи	6
5.2.Пример реализации системотехнического анализа сложных систем	6
5.3. Общие сведения о планировании эксперимента	10
Библиографический список	13

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ, ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Целью курсового проекта, выполняемого на 2 курсе магистратуры (III семестр), является активизация исследовательской деятельности магистрантов в рамках подготовки магистерской диссертации с использованием требуемого математического аппарата для анализа и моделирования сложных систем различной физической природы.

Содержание и объем задания курсового проекта каждого магистранта согласовывается с научным руководителем магистерской диссертации не позже 2й учебной недели III семестра.

Курсовой проект по дисциплине «Системная инженерия» представляет собой унифицированный процесс оформления научно-исследовательской работы, которую студенты выполняли в течение I-II семестров 1 курса магистратуры по форме магистерской диссертации.

2. СОДЕРЖАНИЕ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ

Согласно плана НИР в магистратуре, в 3-ем семестре реализации научных исследований предполагается разработка этапов:

- Системотехнический анализ задачи создания сложной ИС.
- Формализация постановки задачи создания сложной ИС.
- Декомпозиция задачи создания сложной ИС.
- Вариантный анализ подходов к решению задачи создания сложной ИС (выбор методов, выбор ПО, выбор СУБД и т.п.).

Таким образом, полное **содержание пояснительной записки (ПЗ)** к курсовому проекту по дисциплине «Системная инженерия» следующее:

1) **Постановка задачи**

(берется из отчета по НИР за I- II семестры, возможны корректировки по согласованию с научным руководителем).

2) **Системотехнический анализ задачи**

(см. разделы 5.1-5.2, пример- раздел 5.3)

3) **Анализ требований к системе и выбор критериев для оценки качества решения задачи**

(см. Методические указания к ЛР №5, часть I)

4) **Формализация постановки задачи создания сложной системы**

(см. Методические указания к ЛР №5, часть II)

5) **Декомпозиция задачи создания сложной системы**

(применяется один из известных методов: тривиальный на основе дихотомической схемы, функциональный на основе разделения функций, линейное программирование, метод ветвей и границ и т.п.)

6) **Вариантный анализ подходов к решению задачи создания сложной системы**

(применяется метод анализа иерархий на основе четких или нечетких критериев в зависимости от типа задачи. См. методические указания к ЛР по дисциплине «Анализ эффективности информационных систем»)

7) **План решения научной задачи на основе методов планирования эксперимента**

(см. раздел 5.4)

8) **Заключение, выводы**

3. ВЫБОР ТЕМ (ЗАДАЧ) КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Задачи выбираются по согласованию с научным руководителем. Это может быть полностью задача научной работы или магистерской диссертации.

4. ПОРЯДОК ЗАЩИТЫ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Согласно «Положения о планировании и организации учебного процесса», раздел 7.4.8:

Задание выдается в письменном виде не позднее, чем через 14 дней после начала семестра, в котором выполняется проект.

Прием защиты курсового проекта (работы) производится комиссией из двух человек, назначенной кафедрой, при непосредственном участии руководителя проекта (работы).

Курсовая работа (проект) оценивается отметками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

График защиты курсовых работ устанавливается соответствующей кафедрой вне учебного расписания.

Защита курсовой работы (проекта) состоит в кратком докладе студента по выполненной теме (с использованием слайдов, графиков и других наглядных пособий) и его ответах на вопросы, задаваемые присутствующими на защите.

Защита курсовой работы оценивается по следующим критериям:

- степень усвоения студентом понятий и категорий по теме курсового исследования;
- умение работать с документальными и литературными источниками;
- умение формулировать основные выводы по результатам анализа конкретного материала;
- грамотность и стиль изложения материала;
- самостоятельность работы, оригинальность мышления в осмыслении материала;
- наличие презентации;
- умение доложить полученные результаты.

Выполненные проекты (работы) после их защиты хранятся на кафедре один год, а затем списываются по акту, утвержденному заведующим кафедрой, и уничтожаются. Часть проектов, представляющих научно-практический интерес, может быть оставлена на кафедре по решению заведующего кафедрой.

Итоги выполнения и защиты курсовых проектов (работ) обсуждаются на заседаниях кафедр.

Студент, не защитивший до начала экзаменационной сессии курсовой проект (работу), к экзаменам не допускается.

5. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ И ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЯ НА КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

5.1 СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ЗАДАЧИ

Системный анализ основывается на следующих принципах:

1) *единства* – совместное рассмотрение системы как единого целого и как совокупности частей;

2) *развития* – учет изменяемости системы, ее способности к развитию, накоплению информации с учетом динамики окружающей среды;

3) *глобальной цели* – ответственность за выбор глобальной цели. Оптимум подсистем не является оптимумом всей системы;

- 4) *функциональности* – совместное рассмотрение структуры системы и функций с приоритетом функций над структурой;
- 5) *децентрализации* – сочетание децентрализации и централизации;
- 6) *иерархии* – учет соподчинения и ранжирования частей;
- 7) *неопределенности* – учет вероятностного наступления события;
- 8) *организованности* – степень выполнения решений и выводов.

5.2 ПРИМЕР РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМОТЕХНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Поскольку разрабатываемая компьютерная система имитационного моделирования деятельности предприятия, по сути, является сложной системой, то при ее проектировании необходимо пользоваться принципами системного анализа [13].

Представим разрабатываемую систему в виде «черного ящика» (рисунок 5.1), согласно принципу конечной цели. Принцип конечной цели является основополагающим принципом системного анализа, то есть конечная цель имеет абсолютный приоритет, и вся логика функционирования системы должна быть направлена на ее достижение [13].

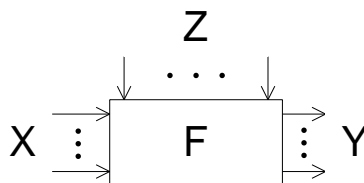


Рисунок 5.1 — Структура разрабатываемой системы

Тогда, вектор X – входные данные – будут включать информацию о маркетинговой стратегии распространения продукта (население рассматриваемого региона, общительность потенциальных клиентов, эффективность и объем рекламы, сведения о качестве товара), а также факторы производства (количество рабочих и станков, кладовщиков, заработная плата, производственная амортизация, стоимость материала и т.д.). Вектор Z – управляющие параметры – это глубина прогноза (количество дней модельного времени), величина штрафа за «необслуженных» клиентов, цена производимого товара и т.п. Вектор Y – выходные данные – расходы (включает в себя амортизационные затраты, выплату заработной платы, покупку материалов, заказ рекламы и т.д.), а также доходы, связанные с числом проданных товаров и количеством «необслуженных» клиентов.

Для выполнения равенства $Y = F(X, Z)$ проектируемое средство должно выполнять следующие функции:

- прогнозировать спрос на заданный тип товара на основании выбранной маркетинговой стратегии;
- моделировать функционирование предприятия, учитывая заданные факторы производства;
- с учетом рассчитанного спроса рассчитывать основные показатели функционирования предприятия (доход, штрафы, расходы и т.п.);
- предусмотреть возможность проведения исследований, направленных на повышение эффективности функционирования предприятия на основе составления прогноза заданной глубины.

Рассмотрим следующее важное понятие системного анализа – принцип единства. Согласно ему, система должна рассматриваться с одной стороны как целое, с другой – как совокупность составляющих ее элементов. Расчленение системы (например, на подсистемы) необходимо производить, сохраняя целостное представление о системе. Принцип

подразумевает выделение подсистем, композиция которых в совокупности со связями позволяет выполнять все функции проектируемой системы, а вместе с тем непосредственным образом влияет и на ее структуру [1]. В соответствии с принципом единства, на основании функций проектируемой системы можно выделить следующие подсистемы:

- подсистема расчета спроса;
- подсистема имитационного моделирования деятельности предприятия;
- подсистема диалогового взаимодействия с пользователем;
- подсистема оптимизационных экспериментов.

Согласно принципу связности [1], любая часть системы должна рассматриваться в совокупности со всеми связями, порожденными как внутренними объектами по отношению к системе (другими элементами системы), так и внешними. Рассмотрим подсистему диалогового взаимодействия с пользователем. В качестве основных требований можно выделить функциональность и эргономичность. Интерфейс должен обеспечивать интуитивно понятное управление основными параметрами модели и отображать результаты в удобном и однозначно воспринимаемом виде. Входными данными для этой подсистемы являются действия пользователя, а выходными — результаты взаимодействия ЛПР с моделью поддержки принятия решения по организации производства предприятием заданного типа товара.

Подсистемы моделирования деятельности предприятия и расчета спроса должны в первую очередь обладать требуемой функциональностью, т.е. обеспечивать зависимость между входными факторами и выходными показателями модели на должном уровне адекватности. Кроме того, реализацию этой подсистемы следует выполнять при помощи современных специализированных компонентов сред разработки имитационных моделей, что поможет избежать так называемых «отказов взаимодействия», а, кроме того, обеспечит требуемую наглядность и простоту дальнейшего развития модели.

Подсистема оптимизационных экспериментов служит для достижения основной цели имитационного моделирования — выработки решений по оптимизации работы исследуемого предприятия на основе компьютерной системы имитационного моделирования деятельности предприятия. Многие из этих требований уже реализованы на уровне современных средств разработки имитационных моделей, в частности, среды AnyLogic. Кроме того, согласно принципу развития, необходимо предусмотреть возможность модификации проектируемого программного комплекса. В качестве дальнейшего усовершенствования предлагается дополнительно расширить функциональную составляющую, а также модифицировать модель для расширения области ее применимости.

На рисунке 5.2 представлена структурная схема компьютерной системы имитационного моделирования деятельности предприятия, указаны информационные и управляющие сигналы.

Информационные сигналы:

1. Предпочтения пользователя, режим функционирования компьютерной системы, исходные данные;
2. Текущие результаты, представленные в интерактивном режиме, а также кортеж результирующих данных, состоящий из следующих компонент: расходы предприятия (амортизационные затраты, выплата заработной платы, зарплата рекламы и т.п.), доход и прибыль от реализации произведенной продукции;
3. Необходимая априорная информация для функционирования подсистемы имитационного моделирования деятельности предприятия;
4. Прирост спроса на производимую продукцию;
5. Результаты имитационного моделирования деятельности предприятия в течение прогнозного периода;
6. Результаты проведенных имитационных экспериментов для отображения подсистемой диалогового взаимодействия в интерактивном режиме.

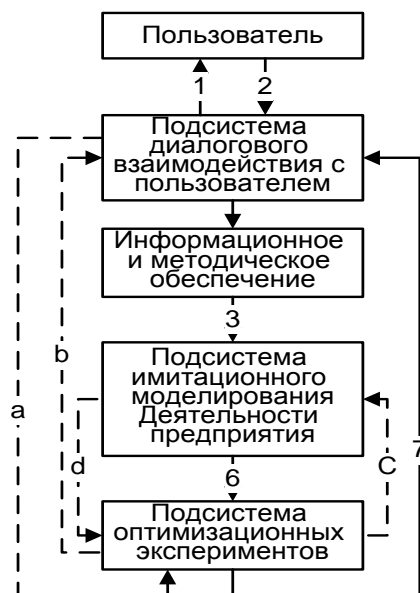


Рисунок 5.2 — Структурная схема компьютерной системы имитационного моделирования деятельности предприятия

Управляющие сигналы:

- a. Запустить имитационный эксперимент с введенными пользователем параметрами;
- b. Представить текущие и результирующие данные в удобном для пользователя виде;
- c. Запустить имитационную дискетно-событийную модель деятельности предприятия;
- d. Получить данные о текущем спросе на инновационный товар.

Согласно принципу учета неопределенностей и случайностей в системе необходимо предусмотреть реакцию на «некорректные» действия пользователя. Все эти действия представляют собой типичные ситуации и соответствуют процессу проектирования пользовательского интерфейса. Кроме того, необходимо предусмотреть стохастичность некоторых процессов в модели, однако подробно этот вопрос будет рассматриваться в последующих пунктах пояснительной записки.

5.3 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ПЛАНИРОВАНИИ ЭКСПЕРИМЕНТА

Инициатором применения планирования эксперимента является Рональд А. Фишер, другой автор известных первых работ – Френк Йетс. Далее идеи планирования эксперимента формировались в трудах Дж. Бокса, Дж. Кифера. В нашей стране - в трудах Г.К. Круга, Е.В. Маркова и др.

Часто, приступая к изучению какого-либо процесса экспериментатор не имеет исчерпывающих сведений о механизме процесса. Можно только указать параметры определяющие условия протекания процесса, и, возможно требования к его результатам. Поставленная проблема является задачей кибернетики. Действительно, если считать кибернетику «наукой, изучающей системы любой природы, способные воспринимать, хранить и перерабатывать информацию для целей оптимального управления» [2], то такую систему можно представить в виде черного ящика.

Черный ящик – объект исследования, имеющий $(k + p)$ входов и m выходов.

Зависимость между выходными параметрами (откликом) и входными параметрами (факторами) называется функцией отклика. Математическая запись функции отклика представлена в виде формулы (1):

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k). \quad (1)$$

Этому уравнению в многомерном пространстве соответствует гиперповерхность, которая называется поверхностью отклика, а само пространство – факторным пространством.

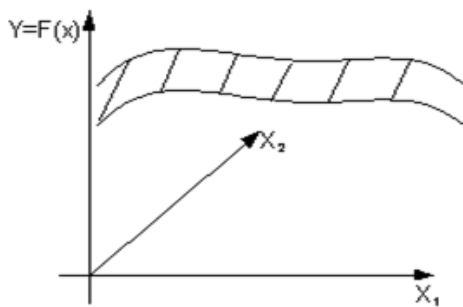


Рисунок 5.3 – Поверхность отклика

Для математического описания поверхности отклика используют уравнение:

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i,u=1}^k \beta_{iu} x_i x_u + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \dots,$$

где $x_i x_u$ – перемешанные факторы при $i=1, \dots, k; u=1, \dots, k; i \neq u$;

$$\beta_i = \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} \right)_0; \beta_{iu} = \left(\frac{\partial^2 f}{\partial x_i \partial x_u} \right)_0; \beta_{ii} = \left(\frac{\partial^2 f}{2 \partial x_i^2} \right)_0.$$

Это уравнение является разложением в ряд Тейлора неизвестной функции отклика в окрестности точки с $x_i = x_{i0}$.

На практике по результатам эксперимента производится обработка дан\ных по методу наименьших квадратов. Этот метод позволяет найти оценку b коэффициентов β , и данный полином заменяется уравнением вида:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i,u=1}^k b_{iu} x_i x_u + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \dots,$$

которое является регрессионной моделью (моделью регрессионного анализа). В этом

выражении \hat{y} означает модельное, т.е. рассчитываемое по уравнению модели, значение выхода. Коэффициенты регрессии определяются экспериментально и служат для статистической оценки теоретических коэффициентов, т.е.

$$b_0 \rightarrow \beta_0, b_i \rightarrow \beta_i, b_{iu} \rightarrow \beta_{iu}, b_{ii} \rightarrow \beta_{ii}.$$

В регрессионной модели члены второй степени $x_i x_u, x_i^2$ характеризуют кривизну поверхности отклика. Чем больше кривизна этой поверхности, тем больше в модели регрессии членов высшей степени. На практике чаще всего стремятся ограничиться линейной моделью [3].

Эксперимент можно проводить по-разному. В случае, когда исследователь наблюдает за каким-то неуправляемым процессом, не вмешиваясь в него, или выбирает экспериментальные точки интуитивно, на основании каких-то привходящих обстоятельств, эксперимент считают пассивным. В настоящее время пассивный эксперимент считается неэффективным.

Гораздо более продуктивно проводится эксперимент, когда исследователь применяет статистические методы на всех этапах исследования, и, прежде всего, перед

постановкой опытов, разрабатывая схему эксперимента, а также в процессе экспериментирования, при обработке результатов и после эксперимента, принимая решение о дальнейших действиях. Такой эксперимент считают активным, и он предполагает планирование эксперимента.

Под планированием эксперимента понимают процедуру выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью.

Под математической моделью планирования понимается наука о способах составления экономических экспериментальных данных планов, которые позволяют извлекать наибольшее количество информации об объекте исследования, о способах проведения эксперимента, о способах обработки данных и их использование для оптимизации производственных процессов, а также инженерных расчетов [3].

Использование теории планирования эксперимента является одним из путей существенного повышения эффективности многофакторных экспериментальных исследований. В планировании экспериментов применяются в основном планы первого и второго порядков. Планы более высоких порядков используются в инженерной практике редко. В связи с этим далее приводится краткое изложение методики составления планов эксперимента для моделей первого и второго порядков. Под планом первого порядка понимают такие планы, которые позволяют провести эксперимент для отыскания уравнения регрессии, содержащего только первые степени факторов и их произведения:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{\substack{i,u=1 \\ i \neq u}}^k b_{iu} x_i x_u + \sum_{\substack{i,j,u=1 \\ i \neq j \neq u}}^k b_{iju} x_i x_j x_u + \dots \quad (5)$$

Планы второго порядка позволяют провести эксперимент для отыскания уравнения регрессии, содержащего и вторые степени факторов:

$$\hat{y} = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \sum_{\substack{i,u=1 \\ i \neq u}}^k b_{iu} x_i x_u + \dots \quad (6)$$

Нахождение уравнения регрессии методом планирования экспериментов состоит из следующих этапов:

- выбор основных факторов и их уравнений;
- планирование и проведение собственного эксперимента;
- определение коэффициентов уравнения регрессии;
- статистический анализ результатов эксперимента [3].

Если модель второго порядка оказалась неадекватной, следует повторить эксперименты на меньшем интервале варьирования факторов или перенести центр плана в другую точку факторного пространства. В тех случаях, когда адекватность модели по-прежнему не достигается, рекомендуется перейти к планам третьего порядка [3].

Использование теории планирования эксперимента является одним из путей существенного повышения эффективности многофакторных экспериментальных исследований. Под планированием эксперимента понимают процедуру выбора числа и условий проведения опытов, необходимых и достаточных для решения поставленной задачи с требуемой точностью. Основные преимущества активного эксперимента связаны с тем, что он позволяет:

1. Минимизировать общее число опытов;
2. Выбирать четкие логически обоснованные процедуры, последовательно выполняемые экспериментатором при проведении исследования;
3. Использовать математический аппарат, формализующий многие действия экспериментатора;
4. Одновременно варьировать всеми переменными и оптимально использовать факторное пространство;

5. Организовать эксперимент таким образом, чтобы выполнялись многие исходные предпосылки регрессионного анализа;

6. Получать математические модели, имеющие лучшие в некотором смысле свойства по сравнению с моделями, построенными из пассивного эксперимента;

7. Рандомизировать условия опытов, то есть многочисленные мешающие факторы превратить в случайные величины;

8. Оценивать элемент неопределенности, связанный с экспериментом, что дает возможность сопоставлять результаты, полученные разными исследователями.

В планировании экспериментов применяются в основном планы первого и второго порядков. Планы более высоких порядков используются в инженерной практике редко [4].

6. ПРИМЕР ОПИСАНИЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ

6.1 Общие сведения о системе, классификация требований

Система поддержки принятия решения для управления процессом функционирования как всей ИС, так и отдельных ее подсистем в рамках анализа ее жизненного цикла разрабатывается с целью повышения эффективности ИС .

На первом этапе определяются требования к системе. Ниже приведена классификация требований.

Нефункциональные требования:

- возможность многократного использования данных;
- простота пользования системой;
- наглядность;
- возможность гибкой настройки системы.

Функциональные требования:

- построение моделей устаревания ИС, основанных на различных законах распределения случайных величин;
- расчет времени начала максимально отсроченного реинжиниринга;
- расчет экономически оптимального срока эксплуатации ИС до реинжиниринга;
- система должна выполнять вычисление коэффициента отражающего темп морального старения системы;
- расчет показателя полноты использования материально-экономических ресурсов.

Производные требования:

- возможность изменения структуры системы(добавление/удаление блоков).

Обладая всеми этими возможностями, система позволит упростить исследование процесса совершенствования ИС и в частности дать рекомендацию о целесообразности модернизации ИС в заданный момент времени.

В целом система может представлять интерес для разработчиков не только информационных систем, но и проектировщиков узконаправленных ИС.

6.2 Анализ требований к разрабатываемой системе

Основываясь на технологии быстрой разработки приложений (RAD), проведем анализ требований к системе:

1. Из описания системы, определено множество функций ИС.

Глобальная функция: Φ – получение комплексного проекта в виде системы поддержки принятия решения для управления процессом функционирования как всей ИС, так и отдельных ее подсистем в рамках анализа ее жизненного цикла.

Поддерживающие и обеспечивающие функции:

- Φ_1 – построение адекватной модели устаревания ИС;
- Φ_2 – расчет коэффициента, отражающего темп морального старения системы;
- Φ_3 – расчет показателя полноты использования ресурсов (ПИР).

$$\Phi: \Phi_1, \Phi_2, \Phi_3 \quad (6.1)$$

2. Определена наиболее приоритетная функция, требующие разработки в первую очередь.

Φ_1 – можно считать базовой функцией, разрабатываемой ИС, поскольку исходя из Φ_1 будут обеспечиваться остальные функции.

3. Определена возможность реализации данного проекта в установленных рамках ограничений.

Определено поле требований как вектор требований, их шкал и ограничений:

$$T_1^{\Phi_1} = [\tau_{11}^{\Phi_1}], \quad (6.2)$$

где $T_1^{\Phi_1}$ – требования класса Φ_1 ; $\tau_{11}^{\Phi_1}$ – наличие адекватной модели устаревания ИС.

При этом, если $T_1^{\Phi_1} \in \overline{0,1}$, то $\tau_{11}^{\Phi_1}$ может быть трактовано как степени принадлежности к нечеткому множеству соответствия, а если $T_1^{\Phi_1} = \overline{0,N}$, где N – общее количество возможных значений $T_1^{\Phi_1}$, то $\tau_{11}^{\Phi_1}$ имеет смысл цифровых количественных оценок; при $T_1^{\Phi_1} \in \{0,1\}$, то $\tau_{11}^{\Phi_1}$ – бинарный определитель наличия или отсутствия признака требования: выбрана адекватная модель устаревания или нет.

$$T_1^{\Phi_2} = [\tau_{11}^{\Phi_2}, \tau_{12}^{\Phi_2}], \quad (6.3)$$

где $T_1^{\Phi_2}$ – требования класса Φ_2 ; $\tau_{11}^{\Phi_2}$ – наличие адекватной модели устаревания ИС; $\tau_{12}^{\Phi_2}$ – расчет экономически оптимального срока эксплуатации ИС до начала реинжиниринга.

$$T_1^{\Phi_3} = [\tau_{11}^{\Phi_3}], \quad (6.4)$$

где $T_1^{\Phi_3}$ – требования класса Φ_3 ; $\tau_{11}^{\Phi_3}$ – наличие адекватной модели устаревания ИС.

Далее проведена формализация описания системы в целом.

Глобальная функция системы представляет собой формирование нового информационного объекта.

Таким образом, используем следующее обобщенное описание системы:

$$S = (X, Y, Z, H, G, \{t\}, \{n\}, \{r\}), \quad (6.5)$$

где X – входы; Y – выходы; Z – состояния; H – оператор переходов, G – оператор выходов; t – элементы; n – свойства; r – отношения между элементами.

Далее описано функционирование информационной системы с заданными требованиями. Проектируемая система производит преобразование:

$$Y_t = F(X_t, T_t) \quad (6.6)$$

где Y_t – текущее состояние выходного объекта системы в момент времени t ;

F – функция преобразования входного объекта системы;

X_t – текущее состояние входного объекта системы в момент времени t ;

T_t – текущее требование к системе.

Можно определить закон функционирования рассматриваемой системы, который имеет вид:

$$\bigcup_{n=1}^N \{X_i^{(n)} \mid (\delta_i \leq \delta^{X_i})\} \xrightarrow{a \in A, l=1, \overline{n}} \bigcup_{n=1}^N \{Y_j^{(k)} \mid (\theta_j \leq \theta^{Y_j})\}, \quad n = \overline{1, N}, \quad (3.7)$$

где $\bigcup_{n=1}^N \{X_i^{(n)}\}$ – объединение множеств входных объектов системы, $n = \overline{1, N}$;

δ_i – качество входных данных; δ^{X_i} – допустимое качество входных данных;

a_l – внутренние состояния исходной системы; θ_j – качество выходных данных;

θ^{Y_j} – допустимое качество выходных данных.

Поступающие на вход системы исходные данные должны соответствовать требуемым критериям. В системе происходит их преобразование и в результате на выход поступают качественные ожидаемые данные.

6.2 Системотехнический анализ задачи

При проектировании разрабатываемой сложной системы воспользуемся принципами системного анализа.

Данная система представлена в виде «черного ящика» (рисунок 6.1), согласно принципу конечной цели. То есть конечная цель имеет абсолютный приоритет, и вся логика функционирования системы должна быть направлена на ее достижение.

Вектор X – входные данные. Он включает в себя:

– значение исходного показателя эффективности системы на момент окончания ее разработки (E_0);

– минимальный допустимый уровень показателя эффективности системы (E_{\min});

– t_m – время начала морального старения системы;

– α – регулярный прирост эксплуатационных расходов;

– M_0 – приведенные к началу эксплуатации расходы на разработку, производство, установку системы;

– m – стоимость эксплуатации системы.



Рисунок 6.1 – Структура разрабатываемой системы

Ниже рассматривается процесс, протекающий в проектируемой системе. Данный процесс можно разбить на несколько этапов. В промежутки времени между смежными этапами состояние системы не меняется.

Основными этапами существования системы являются:

- выбор модели и ввод исходных данных в систему и ее запуск;
- очередь;
- обработка заявки;
- выходной поток.

Типичный сценарий работы системы:

1. На вход системы пользователь вводит все необходимые параметры.
2. Выбор требуемого закона устаревания.
3. Запуск системы.
4. Расчет экономически оптимального срока эксплуатации ИС до реинжиниринга.
5. Расчет коэффициента, отражающего темп морального старения системы.
6. Расчет значения времени начала максимально отсроченного реинжиниринга в зависимости от вида закона распределения функции устаревания системы.
7. Графическое представление результатов (модели изменения во времени эффективности информационной системы вследствие ее устаревания).
8. Расчет гибкости совершенствования ИС.
9. Расчет ПИР.
10. Определение целесообразности реконструкции ИС.

6.3 Декомпозиция задачи создания системы поддержки принятия решений

Следующим этапом проведена декомпозиция системы для структуризации целей, выявления проблем и противоречий. Построена функциональная модель, отражающая структуру и функции системы.

Стандарт IDEF0 наиболее часто применяется в практике в качестве технологии для исследования и проектирования систем на логическом уровне. Данный стандарт целесообразно использовать в проектах по описанию и оптимизации процессов.

Построение модели IDEF0 начинается с представления всей системы в виде контекстной диаграммы.

Для построения модели использовался продукт Diaw 0.97.2.

Контекстная диаграмма верхнего уровня проектируемой системы изображена на рисунке 6.2. На вход системы поступают входные данные, которые используются внутри СППР. В соответствии с выбранной моделью устаревания производится дальнейшие преобразования для получения результата.

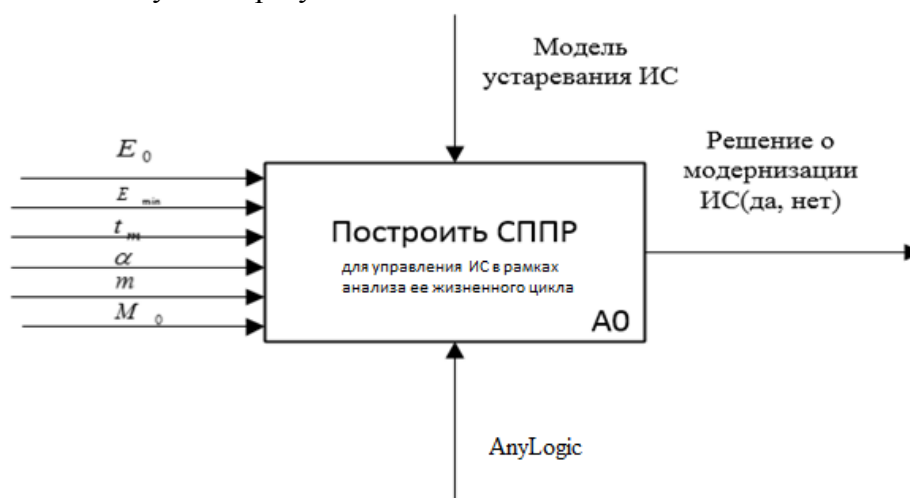


Рисунок 6.2 – Контекстная диаграмма верхнего уровня проектируемой системы

В таблице 6.1 дано описание процессов для контекстная диаграмма верхнего уровня проектируемой системы.

Таблица 6.1 – Описание процессов для контекстной IDEF0-диаграммы

Шифр	Название процесса	Входные данные	Управляющие данные	Механизм	Результат процесса (работы)
A_0	Построить СППР	$E(t)$	Модель устаревания ИС	AnyLogic	Решение о реконструкции системы

С помощью диаграммы декомпозиции первого уровня показана детализация процессов, протекающих при преобразовании главной функции системы (Рис.6.3.).

6.4 Выбор среды имитационного моделирования для реализации системы поддержки принятия решений

Оценка эффективности информационных систем является сложной комплексной задачей, для успешного решения которой необходимо учитывать большое количество требований.

Часто, при разработке какой-либо системы возникают проблемные ситуации, для разрешения которых существует множество альтернатив. Выбор той или иной альтернативы напрямую зависит от лица, принимающего решения (ЛПР). Выбор решения возможен, если имеется способ сравнения альтернатив между собой и определения их предпочтительности, т.е. имеется критерий предпочтения. Предпочтение – это интегральная оценка альтернатив качества решений, основанная на объективном анализе и субъективном понимании экспертов и ЛПР ценности соответствующих альтернатив.

В настоящее время существует множество сред для проведения имитационного моделирования. Каждая такая система имеет ряд преимуществ и недостатков.

Самыми известными из них являются:

- система имитационного моделирования общего назначения GPSS;
- инструментальная система имитационного моделирования AnyLogic;
- графическая среда имитационного моделирования SIMULINK;
- система моделирования Arena.

Выбор среды моделирования является важной частью работы, так как от этого решения будет зависеть дальнейшая реализация системы. Для выбора наиболее подходящей среды был проведен вариантный анализ.

В качестве альтернативных решений предложено 4 среды имитационного моделирования. Данные среды довольно часто используются в современных информационных системах для оптимизации процессов и реализации моделей различной направленности и сложности.

Таким образом, получено множество вариантов конфигурации ИС, подлежащих оценке и выбору. Для данной области выбраны следующие варианты:

V_1 – AnyLogic; V_2 – GPSS; V_3 – Arena; V_4 – SIMULINK.

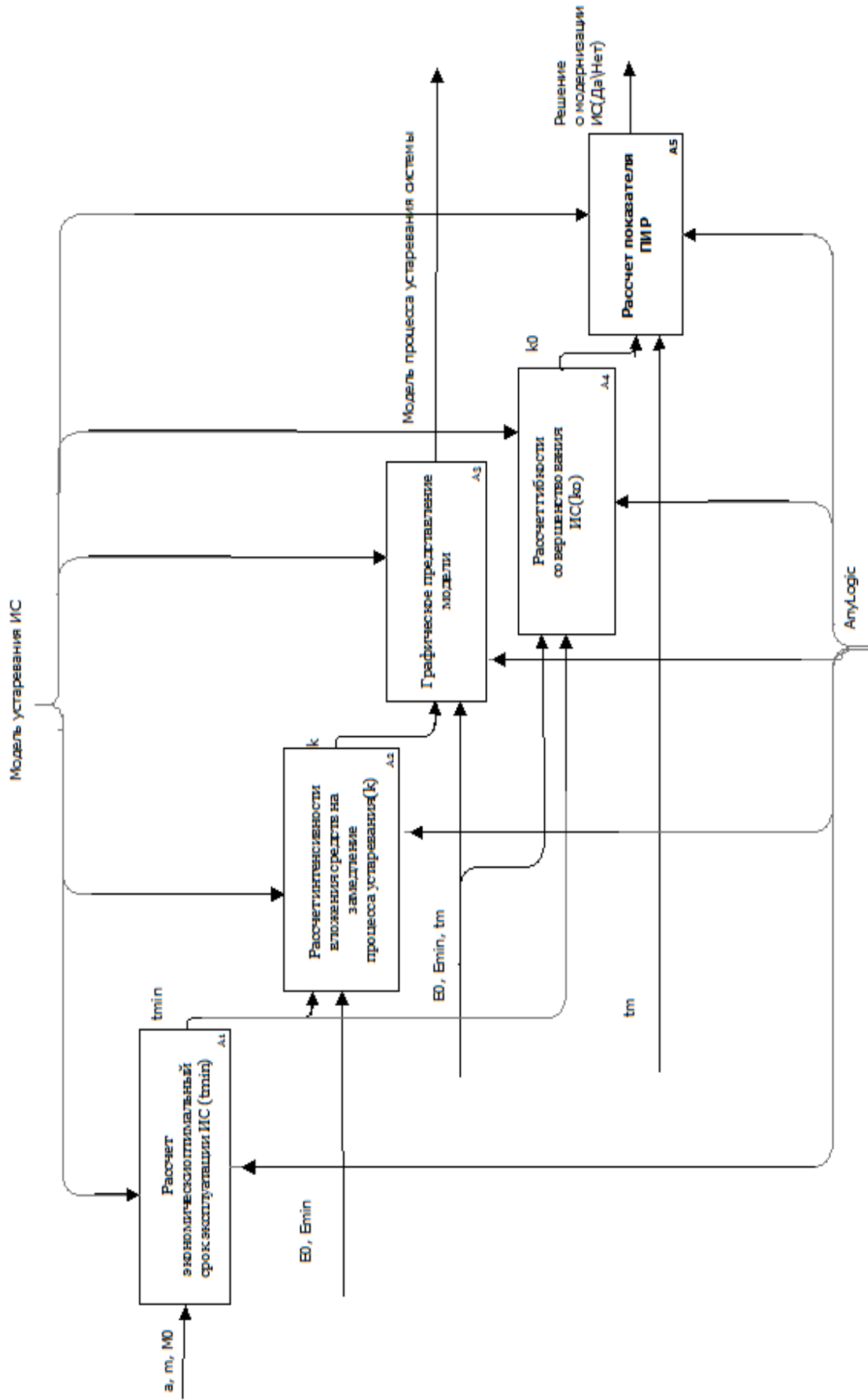


Рисунок 6.3 – Декомпозиция бизнес-процесса на составляющие его операции в стандарте IDEF0

С учетом специфики разрабатываемой системы были выбраны следующие критерии:

- 1) q_j^1 – наличие средств визуализации и анимации;
- 2) q_j^2 – стоимость;
- 3) q_j^3 – интеграция с универсальными языками программирования.

Сравним структуры по критериям с помощью экспертов – специалистов в области ИС, и их оценочная величина в группах соответствует следующим высказываниям:

- 1) Критерий q_j^1 : $\begin{cases} - \text{имеется существенное преимущество } V_1 \text{ над } V_2, V_3, V_4, \\ - \text{имеется слабое преимущество } V_2 \text{ над } V_3, V_4, \\ - \text{отсутствие преимущества } V_3 \text{ над } V_4. \end{cases}$
- 2) Критерий q_j^2 : $\begin{cases} - \text{абсолютное преимущество } V_2 \text{ над } V_1, V_3, V_4, \\ - \text{отсутствие преимущества } V_1 \text{ над } V_3, V_4, \\ - \text{слабое преимущество } V_4 \text{ над } V_3. \end{cases}$
- 3) Критерий q_j^3 : $\begin{cases} - \text{явно преимущество } V_4 \text{ над } V_1, V_3, V_2, \\ - \text{существенное преимущество } V_2 \text{ над } V_1, V_3, \\ - \text{отсутствие преимущества } V_3 \text{ над } V_1. \end{cases}$

Экспертным высказываниям соответствуют следующие матрицы парных сравнений:

$$A(q_j^1) = \begin{bmatrix} 1 & 1/5 & 1/5 & 1/5 \\ 5 & 1 & 1/3 & 1/3 \\ 5 & 3 & 1 & 1/2 \\ 5 & 3 & 2 & 1 \end{bmatrix}; A(q_j^2) = \begin{bmatrix} 1 & 9 & 1/2 & 1/2 \\ 1/9 & 1 & 1/9 & 1/9 \\ 2 & 9 & 1 & 3 \\ 2 & 9 & 1/3 & 1 \end{bmatrix}; A(q_j^3) = \begin{bmatrix} 1 & 5 & 2 & 7 \\ 1/5 & 1 & 1/5 & 7 \\ 1/2 & 5 & 1 & 7 \\ 1/7 & 1/7 & 1/7 & 1 \end{bmatrix}.$$

Степени принадлежности вычисляются по формуле:

$$\mu^k(v_j) = \frac{1}{a_{i1}^k + a_{i2}^k + \dots + a_{in}^k}. \quad (6.9)$$

Пользуясь матрицами парных сравнений и формулой (6.9) получим:

$$\begin{aligned} 1) \quad q_1 &= \left\{ \frac{0,62}{V_1}, \frac{0,15}{V_2}, \frac{0,1}{V_3}, \frac{0,09}{V_4} \right\}; q_2 = \left\{ \frac{0,09}{V_1}, \frac{0,75}{V_2}, \frac{0,06}{V_3}, \frac{0,08}{V_4} \right\}; \\ 2) \quad q_3 &= \left\{ \frac{0,06}{V_1}, \frac{0,13}{V_2}, \frac{0,07}{V_3}, \frac{0,7}{V_4} \right\}. \end{aligned}$$

Для случая равноправных критериев, пользуясь нечеткими множествами и формулой:

$$D = \left\{ \frac{k = \frac{\min_{1,m} \mu^k(V_1)}{1,m}}{V_1}, \frac{k = \frac{\min_{1,m} \mu^k(V_2)}{1,m}}{V_2}, \dots, \frac{k = \frac{\min_{1,m} \mu^k(V_m)}{1,m}}{V_m} \right\}, \quad (6.10)$$

$$\text{получим: } D = \left\{ \frac{0,06}{V_1}, \frac{0,13}{V_2}, \frac{0,06}{V_3}, \frac{0,08}{V_4} \right\}.$$

Множество D свидетельствует о явном преимуществе варианта V_2 над всеми другими вариантами, однозначном преимуществе V_4 над V_1, V_3 .

Для случая неравновесных критериев были учтены мнения экспертов. По их мнению, критерий q_j^1 является наиболее важным наряду с критерием q_j^2 , а критерий q_j^3 вторичен:

абсолютное преимущество q_j^1 явное преимущество q_j^2 . Получена матрицу парных сравнений:

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 1/7 & 1/9 \\ 7 & 1 & 1/9 \\ 9 & 9 & 1 \end{bmatrix}.$$

Определены ранги критериев. Для этого ранги, полученные из матриц парных сравнений, необходимо нормализовать:

$$1) \bar{w}_1 = 0,80; \bar{w}_2 = 0,12; \bar{w}_3 = 0,052; \sum \bar{w}_i = 0,97.$$

Ранги критериев после нормирования:

$$1) w_1 = 0,80; w_2 = 0,148; w_3 = 0,052; \sum w_i = 1.$$

Тогда согласно формуле:

$$D = \left\{ \frac{k = \frac{\min_{1,m} \mathbb{I}^k(V_1) - \bar{w}_1}{V_1}}{V_1}, \frac{k = \frac{\min_{1,m} \mathbb{I}^k(V_2) - \bar{w}_2}{V_2}}, \dots, \frac{k = \frac{\min_{1,m} \mathbb{I}^k(V_m) - \bar{w}_m}{V_m}}{V_m} \right\}, \quad (6.11)$$

$$q_1 = \left\{ \frac{0,68}{V_1}, \frac{0,21}{V_2}, \frac{0,15}{V_3}, \frac{0,14}{V_4} \right\}, q_2 = \left\{ \frac{0,7}{V_1}, \frac{0,95}{V_2}, \frac{0,65}{V_3}, \frac{0,68}{V_4} \right\},$$

$$q_3 = \left\{ \frac{0,86}{V_1}, \frac{0,89}{V_2}, \frac{0,97}{V_3}, \frac{0,98}{V_4} \right\}.$$

Пересечение этих множеств с учетом рангов критериев имеет вид: $D = \left\{ \frac{0,68}{V_1}, \frac{0,21}{V_2}, \frac{0,15}{V_3}, \frac{0,14}{V_4} \right\}.$

Полученный результат свидетельствует о явном преимуществе варианта V_1 над V_3 , V_2, V_4 и о достаточном преимуществе варианта V_2 .

Далее проведена оценка коэффициента конкордации экспертов. Достоверность решения, полученного методами экспертных оценок зависит от степени согласованности мнений экспертов. Поэтому после проведения экспертизы необходимо проверить степень согласованности мнений экспертов. В зависимости от методов, использованных для оценки альтернатив, вычисляют различные показатели согласованности мнений экспертов: коэффициент конкордации W или коэффициент согласия V . Данный коэффициент применяется для определения согласованности оценок экспертов [4, 19].

Значение коэффициента конкордации может находиться в диапазоне от 0 до 1. Если $W = 0$, считается, что мнения экспертов не согласованны. Если $W = 1$, то оценки экспертов полностью согласованны. Каждый эксперт упорядочил системы по степени предпочтения. Результаты приведены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Оценка коэффициента конкордации

Номер объекта	Ранги R_i				X_i	$X_i - T$	Δ^2	W
	A	B	C	D				
1	2	1	1	1	5	-3,5	12,25	0,67
2	1	1	2	1	5	-3,5	12,25	
3	3	2	3	3	11	-2,5	6,25	
4	4	3	4	2	13	-4,5	20,25	

По величине W сделан вывод, что при оценке мнение экспертов было хорошо согласовано.

Таким образом, используя вариантный анализ в качестве среды имитационного моделирования для реализации СППР была выбрана среда моделирования AnyLogic.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Сурмин Ю.П. Теория систем и системный анализ: Учеб. Пособие. — К.: МАУП, 2003. — 368 с.
2. Спирин Н.А., Лавров В.В. Методы планирования и обработки результатов инженерного эксперимента: конспект лекции Н.А. 3. Планирование эксперимента — Режим доступа: URL: http://opds.sut.ru/electronic_manuals/pe/f053.htm
3. Налимов В.Н. Логические основания планирования эксперимента: учебник Е.А. Шалыгина -2-е изд. — М.: Колос, 2001.
4. ГОСТ Р ИСО/МЭК 15288-2005 «Информационная технология. Системная инженерия. Процессы жизненного цикла систем» (ISO/IEC 15288 (IEEE Std 15288-2008) Systems and software engineering — System life cycle processes)
5. ГОСТ Р ИСО 15926-1-2008 «Промышленные автоматизированные системы и интеграция. Интеграция данных жизненного цикла для перерабатывающих предприятий, включая нефтяные и газовые производственные предприятия» (ISO/IEC 15926-1:2004 Industrial automation systems and integration — Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities)
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010 «Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств».
7. Корилов А.М., Павлов С.Н. Теория систем и системный анализ: учеб. пособие. — Томск: Томс. гос. ун-т систем управления и радиоэлектроники, 2008. — 264 с. — ISBN 978-5-86889-478-7

Дополнительная литература

1. Buede, D. M. The engineering design of systems: models and methods — 2nd ed. John Wiley & Sons, 2009. ISBN 978-0-470-16402-0
2. Crawley E., etc. The Influence of Architecture in Engineering Systems. Monograph, 1st Engineering Systems Symposium, Cambridge, Massachusetts, March 29-31, 2004.
3. ISO/IEC TR 24774 Software and systems engineering — Life cycle management — Guidelines for process description
4. ISO 15026-1 Systems and software engineering — Systems and software assurance — Part 1: Concepts and vocabulary
5. ISO/IEC FDIS 42010 Systems and software engineering — Architecture description.
6. Gielingh, W. A theory for the modelling of complex and dynamic systems // ITcon Vol. 13 (2008)
7. Hitchins, D. Systems Engineering. A 21st Century Systems

Methodology. John Wiley & Sons Ltd, 2007. ISBN 978-0470-05856-5

8. Warfield, J. Introduction to systems science. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd, 2006. ISBN 981-256-702-X

9. Стасинопулос П., Смит М. и др. Проектирование систем как единого целого. Интегральный подход к инжинирингу для устойчивого развития. — М.: Эксмо, 2012. — 288 с. ISBN 978-5-699-56765-2

10. Батоврин В. К. Толковый словарь по системной и программной инженерии: учеб. пособие. — М. ДМК Пресс, 2012. — 280 с. ISBN 978-5-94074-818-2

11. Блохин В. П., Дружинин И. В. Глобализация, технология, конкурентоспособность производственных систем. — Ростов-н/Д: Изд. Центр ДГТУ, 2002.

12. Джонс Д. К. Инженерное и художественное конструирование. Современные методы проектного анализа: Пер. с англ. — М.: Мир, 1976 г. — 374 с.

13. Дружинин В. В., Канторов Д. С. Проблемы системологии. М.: Сов. радио, 1976 г. — 296 с.

14. Дружинин И. В. Информационно-технологические основы конкурентоспособности производственных систем. — Ростов-н/Д: Изд. центр ДГТУ, 2001.

15. Ивахненко А. Г. Принятие решений на основе самоорганизации. — М.: Сов. радио, 1976. 280 с.

16. Киримов В. Э. Управленческий учет: Учебник — 3-е изд. изм. и доп. — М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», — 2001 — 480 с.

17. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач: Пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1990 — 544 с.

