

Разработка графической нотации для представления моделей в целом по методологии автоматизации интеллектуального труда

М.О. Глинкин, О.В. Новоселова

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН»

Аннотация: В статье рассмотрена графическая нотация с использованием трехмерной визуализации для представления моделей автоматизированных систем по методологии автоматизации интеллектуального труда (МАИТ). Целью исследования является повышение эффективности процесса моделирования автоматизированных систем за счет более полного представления моделей. Метод исследования: системный подход. В результате исследования были сформулированы описание и правила формирования соответствующей графической нотации для этапов начального и концептуального моделирования предметных задач по МАИТ, правила формирования представлений для статических и динамических структур модели, а также представления их взаимосвязи. Кроме того, были рассмотрены правила визуального выделения и сокрытия элементов диаграмм графической нотации, что делает ее пригодной для реализации в качестве программного модуля с графическим интерфейсом для CASE-средств, позволяющих производить моделирование по МАИТ. Подобное решение позволяет визуализировать модель в целом и повысить эффективность работы специалистов аналитиков, производящих моделирование по методологии.

Ключевые слова: методология автоматизации интеллектуального труда, моделирование автоматизированных систем, концептуальное моделирование, графическая нотация, трехмерная визуализация.

С развитием информационных технологий и увеличением сложности задач автоматизации, автоматизированные системы (АС) становятся все более сложными [1, 2]. Этап моделирования и проектирования становится ключевым в их жизненном цикле.

Модели АС включают различные структуры для описания их функциональных и информационных аспектов, а также другие аспекты, отражающие разнообразные характеристики системы. Эти структуры обычно представлены в виде двумерных диаграмм или форм, что иногда затрудняет наглядное представление всей модели и ее анализ.

Для решения этой проблемы предлагается использовать графические нотации, позволяющие формировать представления из элементов и их взаимосвязей в трехмерном пространстве. Это позволит более наглядно

визуализировать множество структур и их взаимосвязей. Такие нотации могут быть особенно полезны при обучении специалистов новым методологиям моделирования, а также при анализе и проверке адекватности и корректности моделей опытными аналитиками.

В данной статье предложено описание и правила формирования графической нотации для методологии автоматизации интеллектуального труда (МАИТ) [3, 4]. МАИТ предназначен для моделирования автоматизированных систем и предметных задач в соответствии с когнитивным подходом. Сущностью когнитивного подхода является многоуровневое представление событий и явлений реального мира (каждый уровень образуется триадой функциональных центров – контекстуального, структурного и монадического – и связью уровней на основе закона цикличности) [5, 6]. Достоинство когнитивного подхода заключается в таком информационном моделировании реального мира, которое позволит формировать множество взаимосвязанных моделей, при этом данное множество моделей должно описываться не как одна целостная система, а как свободно организованная сеть с открытой структурой.

Разрабатываемая графическая нотация должна визуализировать модель в целом для некоторой предметной задачи по МАИТ [7].

Данное представление может быть сформировано для этапов начального и концептуального моделирования и должно включать в себя полное представление информационной (статической) и функциональной (динамической) составляющих, а также представление множества взаимосвязей между ними.

На начальном этапе моделирования функциональная составляющая представляет из себя систему предметных действий (СПД), а на концептуальном этапе динамическая составляющая – систему предметных зависимостей (СПЗ).

Информационная составляющая на начальном этапе моделирования представляет из себя набор параметров предметной задачи, которые также могут быть сгруппированы по объектам. На этапе концептуального моделирования статическая составляющая представляется в виде древовидной концептуальной структуры (КС) на нескольких уровнях, где каждый уровень представляет соответствующую информационную категорию: цикл, процесс, задача, компонент, объект, признак, значение.

Разрабатываемая диаграмма модели в целом может быть сформирована в виде трехмерного представления, содержащего перпендикулярные оси Ox , Oy , Oz , где на плоскости zy будет расположено представление древовидной динамической структуры, на плоскости $xу$ – представление древовидной статической структуры, а на плоскости zx – представление множества отношений между их элементами в виде сетки ячеек, соответствующих попарно одному функциональному элементу и одному элементу динамической структуры (рис.1) [8].

При проецировании диаграммы на плоскость должна быть использована косоугольная проекция, при которой все плоскости, параллельные плоскости $xу$ должны быть параллельны плоскости визуализации. Плоскости, параллельные плоскости zy должны быть расположены под таким углом к плоскости $xу$, который будет позволять адекватно воспринимать плоскость с системой предметных зависимостей, в зависимости от ее размеров. Плоскости, параллельные плоскости xz , должны быть расположены под тупым для наблюдателя углом относительно плоскости $xу$, для того чтобы было отчетливо видно табличное представление множества отношений. При визуализации диаграммы в реальном времени в программном модуле, возможно применение перспективной проекции и свободного перемещения виртуальной камеры для более подробного рассмотрения.

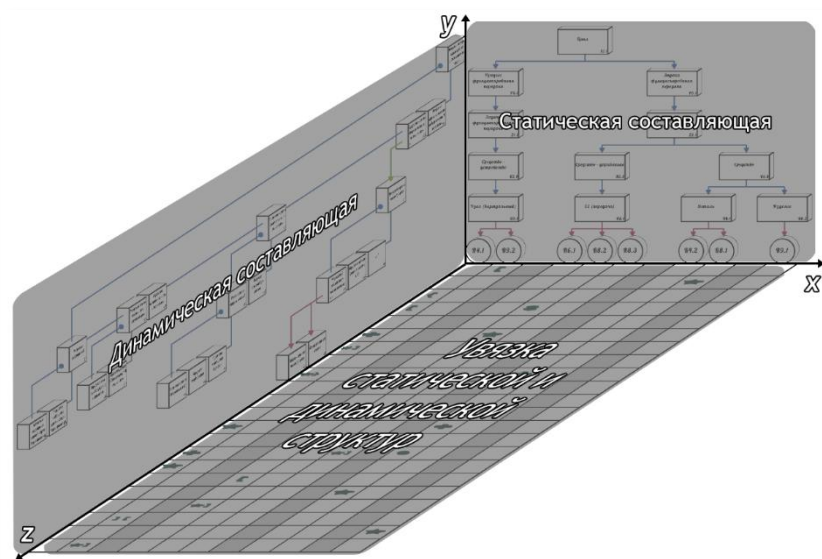


Рис. 1. – Основные элементы трехмерного представления модели по МАИТ

Динамическая структура представлена в виде древовидной структуры (СПД на начальном этапе моделирования и СПЗ на концептуальном), состоящей из действий рассматриваемой предметной задачи.

Согласно МАИТ, предметные действия или зависимости могут быть представлены следующими конструкциями: элементарное действие, последовательность, цикл и альтернатива [9].

Обход узлов динамической структуры должен производиться рекурсивно, с раскрытием неэлементарных действий вглубь, пока не будут достигнуты все элементарные действия, не имеющие дочерних узлов. При этом каждый последующий блок должен быть расположен по оси z со смещением вперед на один размер блока и установленный пустой промежуток между блоками, чтобы было возможным строгое соответствие строки сетки отношений одному узлу. При раскрытии неэлементарного действия происходит переход к нижележащему уровню структуры, блоки которого должны располагаться ниже по оси y на один размер блока и установленный пустой промежуток между блоками по высоте. Блоки одного уровня должны располагаться на одной y координате (рис.2).

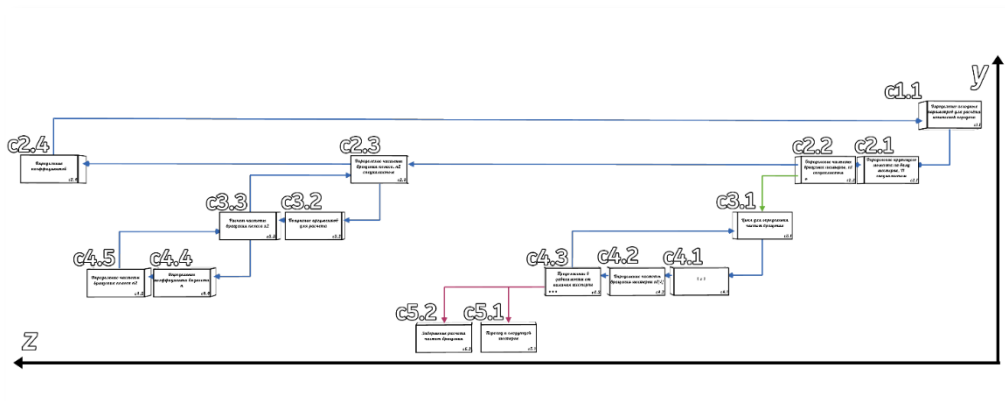


Рис. 2. – Формирование представления динамической структуры

Блоки, не являющиеся элементарными действиями, могут быть свернуты для визуализации диаграммы меньшего размера. При отображении свернутого блока на диаграмме, он должен быть визуализирован как элементарное действие без дочерних блоков. Отсутствующие дочерние блоки не должны учитываться при позиционировании остальных блоков диаграммы, но при этом нумерация блоков нижележащего уровня должна сохраняться. Свернутый блок должен быть залит отличным цветом от раскрытого блока.

Статическая структура предметной задачи по МАИТ на этапе концептуального моделирования представлена концептуальной структурой (КС), которая имеет древовидную структуру, состоящую из 7 уровней: предметные категории (ПК) типа «Цикл», ПК типа «Процесс», ПК типа «Задача», ПК типа «Компонент», ПК типа «Объект», ПК типа «Признак», ПК типа «Значение». На объектном уровне ПК типа «Значение» представляют собой некоторую область допустимых значений для именованных признаков, а на конкретном – непосредственно конкретные значения параметров в процессе выполнения алгоритма для конкретной задачи. Модель же служит для фиксации общих сущностей и отношений и является представлением для множества предметных задач, поэтому ПК данного уровня не визуализируются на диаграмме. Поэтому в контексте визуализации

диаграммы, конечным уровнем концептуальной структуры будут рассматриваться ПК типа «Признак».

На этапе начального моделирования статическая структура представлена набором параметров предметной задачи, которые также могут быть сгруппированы по объектам. Поэтому для визуализации статической структуры на этапе начального моделирования максимальным возможным числом уровней в дереве будет два уровня: параметр – соответствующий уровню признаков на концептуальной структуре, и объект – уровню объектов.

При этом конкретным типом отношения с некоторой предметной зависимостью могут обладать только ПК уровня «Признак» или параметр, поэтому, с точки зрения диаграммы, такие элементы будут рассматриваться как конечные узлы дерева, а элементы вышестоящих уровней, как группы конечных узлов или группы групп некоторых параметров.

Визуализация дерева узлов статической структуры должна производиться так, что каждый конечный узел дерева должен быть расположен со смещением в положительную сторону по оси x на размер одного блока и установленный промежуток между блоками, чтобы было возможным строгое соответствие столбца сетки отношений одному блоку ПК типа «Признак» или параметру. Для наглядности группировки узлов, входящих в одну группу, между такими конечными блоками должно быть добавлено дополнительное пустое расстояние, если они имеют различные родительские блоки. Блоки, представляющие ПК типа «Признак» или параметры должны быть цилиндрической формы, а блоки, представляющие категории всех вышележащих уровней – формы прямоугольного параллелепипеда (рис.3).

Текстом, отображаемым на блоках КС, является наименование соответствующей предметной категории.

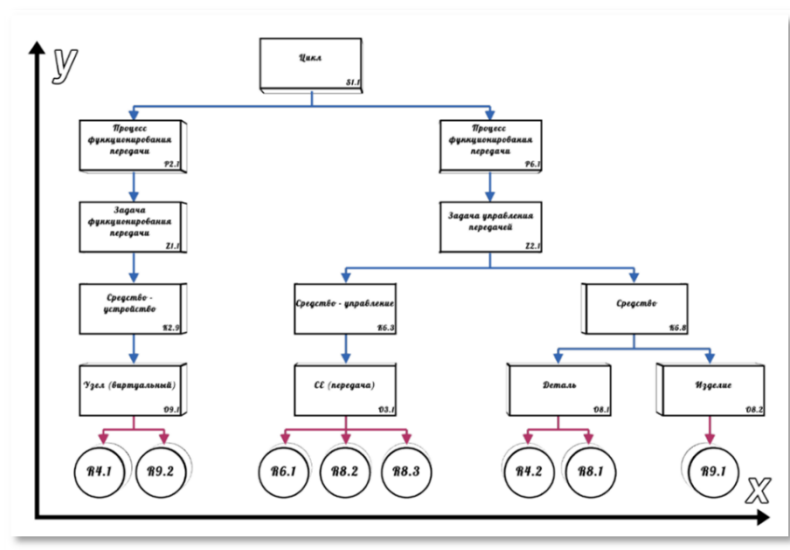


Рис. 3. – Представление статической структуры для этапа концептуального моделирования

Для этапа начального моделирования в правом нижнем углу блоков, представляющих параметры отображается код узла статической структуры, состоящей из буквы, обозначающей уровень (О – объект, А – параметр).

После буквенного индекса на этапе начального моделирования для параметров следует числовой код x,y , где x – код вида группы признаков, y – код параметра в группе [10]. Каждый вид группы признаков определяет различные аспекты характеристики объектов.

Для этапа концептуального моделирования в правом нижнем углу блоков, представляющих узлы КС выше уровня «Признак» отображается код узла КС, состоящий из буквы, обозначающей уровень КС (S – цикл, P – процесс, Z – задача, K – компонент, O – объект, R – признак). В целях унификации предметных категорий после буквенного индекса следует числовой код, формирующийся по правилам построения концептуальной структуры согласно методологии автоматизации интеллектуального труда [8]. Подобное именование элементов структур осуществляется для

уникальной идентификации сущностей, а также в целях унификации кодирования ПК и облегчения последующей интеграции моделей.

На блоках ПК типа «Признак» и параметров отображается непосредственно код узла, вместо наименования, в виду обычно большого наименования параметров и маленького размера цилиндрических блоков на диаграмме.

Для рассмотрения диаграмм большого размера, блоки статической структуры могут быть свернуты. На представлении КС при сворачивании блока должен быть убран сам блок ПК типа «Признак» /параметр или целая ветка групп параметров, по которой были убраны все конечные блоки, т.к. визуализация веток статической структуры, по которым отсутствуют все конечные блоки ПК типа «Признак» или параметры является бессмысленной. При этом, блок, содержащий свернутые группы или же один или несколько конечных блоков, должны быть залиты цветом, отличным от блоков, для которых раскрыты все дочерние узлы. Отсутствующие дочерние блоки не должны учитываться при позиционировании остальных блоков диаграммы. С диаграммы не могут быть убраны такие блоки, при которых в дереве блоков не останется ни одной ветки, содержащей хотя бы один конечный блок.

Представление множества отношений между действиями и нижележащими элементами статической структуры должно быть визуализировано в виде двумерной сетки ячеек, расположенной в плоскости zx , такой, что одна строка сетки соответствует одному блоку действия и один столбец сетки – блоку ПК типа «Признак» или параметра. При этом пустое пространство, которое визуальное будет представлять из себя аналогичные столбцы сетки, появляющиеся из-за дополнительного отделения конечных блоков статической структуры, имеющих различные родительские узлы, должно быть выделено отличным от других ячеек цветом, означающим неактивность ячеек этих столбцов (рис.4).

Каждая ячейка такого представления строго относится к одному из узлов СПД (СПЗ) и одному из узлов статической структуры – ПК типа «Признак» или параметру (рис.4). Внутри ячейки могут быть расположены значки, отражающие типы взаимосвязей некоторого признака с некоторой предметной зависимостью.

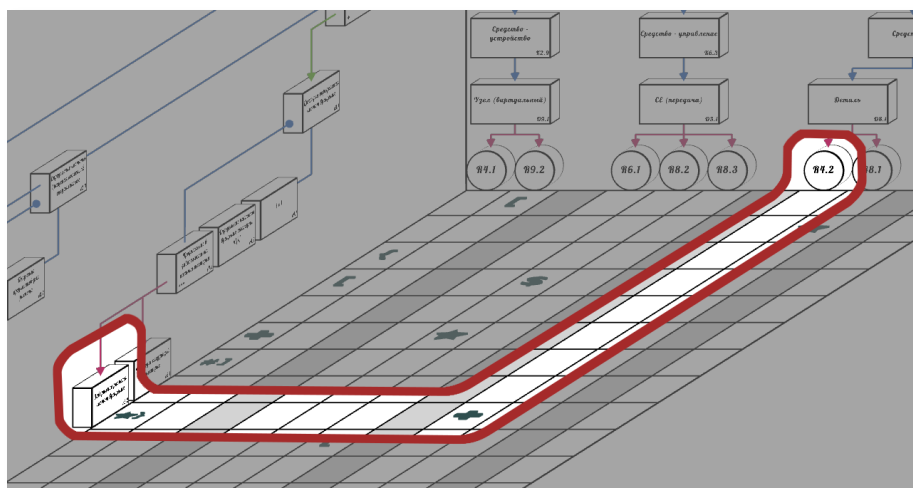


Рис. 4. – Соответствие ячейки отношения соответствующим узлам структур модели

Типы и обозначения отношений установлены согласно методологии автоматизации интеллектуального труда, например:

- ★ – соответствующий признак является функцией, результат которой вычисляется в ходе выполнения соответствующего действия;
- + – соответствующий параметр является аргументом для соответствующего действия;
- [– соответствующее действие является заголовком последовательности, а соответствующий параметр является функцией, вычисляемой в процессе выполнения последовательности;
-] – соответствующее действие является окончанием последовательности, а соответствующий параметр – функцией последовательности;

– { – соответствующее действие является заголовком цикла, а соответствующий параметр является функцией цикла;

– ! – соответствующее действие является заголовком итерации, а соответствующий параметр является счетчиком цикла;

– } – соответствующее действие является последним действием цикла, а соответствующий параметр является функцией цикла и т.д. Полный набор отношений приведен в [9, 10].

В одной ячейке может быть расположено несколько значков в случае наличия нескольких типов взаимосвязей между действием (зависимостью) и параметром (признаком), либо же значки могут отсутствовать. На ячейках столбцов-разделителей значков отношений быть не должно.

Элементы диаграммы могут быть выделены цветом для визуального выделения конкретного действия и взаимосвязанных с ним предметных категорий, группы предметных категорий и взаимосвязанных с ней действиях либо же конкретного элемента отношения.

Для выделения одного конкретного элемента отношений на диаграмме должны быть выделены отличным цветом заливки: ячейка сетки представления множества отношений, строка и столбец сетки, соответствующие данной ячейке, один блок СПД (СПЗ), соответствующий данной строке и один блок параметра (ПК типа «Признак»), соответствующий данному столбцу (рис.5). С помощью такого выделения может быть акцентировано внимание на определенном элементе отношения между конкретной парой ПД-параметр (ПЗ-признак).

Для выделения блока действия и соответствующего ему множества взаимосвязей с предметными категориями статической структуры на диаграмме должны быть выделены отличным цветом заливки: рассматриваемый блок действия, соответствующая ему строка сетки представления множества отношений, столбцы сетки, в которых

присутствует непустое множество элементов отношений с рассматриваемым узлом СПЗ, соответствующие данным столбцам параметры (ПК типа «Признак»), а также ПК вышестоящих уровней до первого общего родителя всех выделенных ПК.

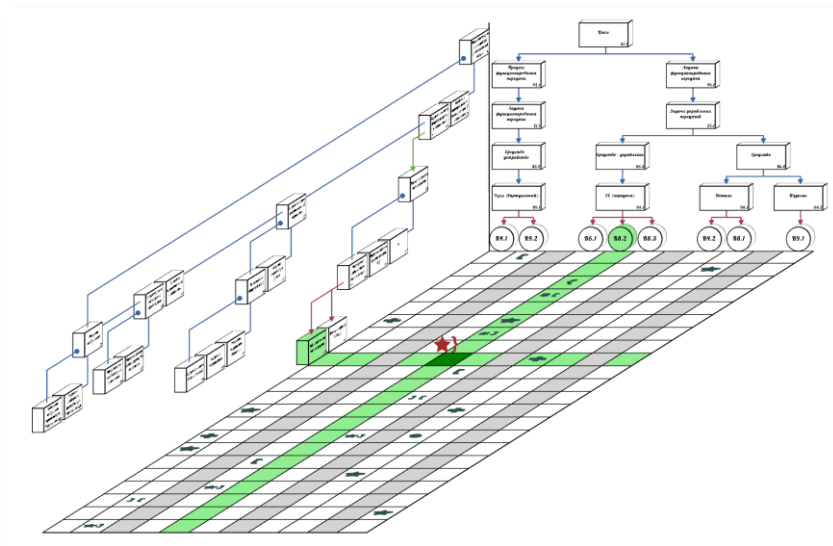


Рис. 5. – Выделение одного элемента отношений на диаграмме

С помощью такого выделения может быть акцентировано внимание на всех взаимосвязанных с рассматриваемым действием предметных категориях. Выделение до первого общего родителя на статической структуре также позволяет наглядно продемонстрировать пользователю тип предметной зависимости на этапе концептуального моделирования:

- предметная зависимость **1-го типа** отражает ограничения на взаимосвязь структурных ПК в рамках одной контекстуальной ПК,
- предметная зависимость **2-го типа** отражает ограничения на взаимосвязь структурных ПК, связанных с разными, но однородными контекстуальными ПК,
- предметная зависимость **3-го типа** отражает ограничения на взаимосвязь структурных ПК, связанных с разными и разнородными контекстуальными ПК.

Так как уровень признаков является уровнем структурных ПК, ПЗ, связанная с несколькими ПК, имеющими общий родительский блок на контекстуальном уровне объектов, является ПЗ 1-го типа. ПЗ, связанная с несколькими ПК, имеющими общего родителя на уровне компонентов, является ПЗ 2-го типа, т.к. соответствующие ПК имеют однородных контекстуальных прародителей. ПЗ, связанная с несколькими ПК, имеющими общего родителя на уровне выше уровня компонентов, является ПЗ 3-го типа, т.к. не имеет однородных контекстуальных родителей. Такое выделение наглядно подчеркнет уровень общего родителя (рис.6).

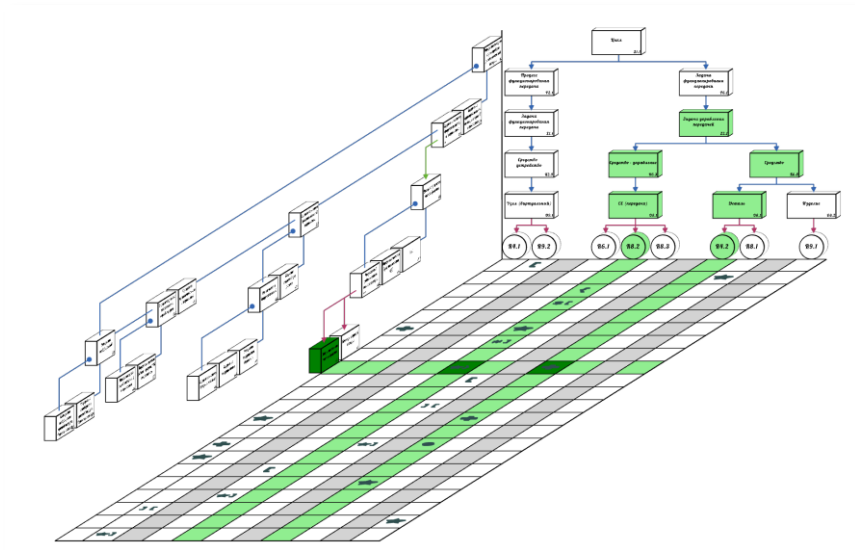


Рис. 6. – Выделение блока ПЗ 3-его типа и взаимосвязанных с ним ПК

Для выделения блока ПК, соответствующего ему множества параметров (ПК типа «Признак»), множества взаимосвязей с действиями на диаграмме должны быть выделены отличным цветом заливки: все дочерние блоки ПК, столбцы сетки представления множества отношений (соответствующие блокам параметров), строки сетки, в которых присутствует непустое множество элементов отношений с рассматриваемыми признаками, и соответствующие выделенным строкам блоки СПД (СПЗ).

С помощью такого выделения может быть акцентировано внимание на всех взаимосвязанных с рассматриваемыми ПК (либо же одним признаком) предметных действиях (зависимостях). А также на этапе концептуального моделирования это поможет пользователю подсветить все ПЗ определенного типа, в зависимости от уровня статической структуры, на котором был выделен блок ПК.

Данное решение пригодно для программной реализации в качестве программного модуля с графическим интерфейсом для CASE-средств, поддерживающих моделирование по МАИТ. Описанные правила визуального выделения и сокрытия элементов диаграммы позволяют также реализовать интерактивное пользовательское взаимодействие при работе с программным модулем.

Литература

1. Казаков Н.В., Абузов А.В. Автоматизированные системы управления процессами промышленного лесопользования // Инженерный вестник Дона, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2426.
2. Олененко А.Б., Койнов Е.Г., Разов И.О. Автоматизированные системы управления инвестиционно-строительными проектами обустройства месторождений // Инженерный вестник Дона, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4735
3. Матвеев А.С., Семячкова Е.Г. Особенности синтеза инфологических моделей предметных задач в методологии автоматизации интеллектуального труда // Теория и практика проектного образования. 2019. №4 (12). С. 82.
4. Сытов Н.Е. Развитие методологии автоматизации интеллектуального труда // Развитие технических наук в современном мире. 2017. С. 29-36.
5. Martins L.L., Rindova V.P., Greenbaum B.E. Unlocking the hidden value of concepts: A cognitive approach to business model innovation // Strategic entrepreneurship Journal. 2015. V. 9. №1. pp. 99-117.

6. Nguyen T.M. A systems theory of organizational information // International Journal of Knowledge and Systems Science. 2016. V. 7. №2. pp. 58-83.
7. Порфирьев А.Ю. Методы моделирования бизнес-процессов // Информационные технологии и автоматизация управления. 2019. С. 265-270.
8. Волкова Г.Д. Теория и практика автоматизации интеллектуального труда. М.: Янус-К, 2020. 104 с.
9. Новоселова О.В. Моделирование предметных задач на начальных этапах автоматизации проектной деятельности. М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2016. 100 с.
10. Волкова Г.Д. Концептуальное моделирование проектных задач. М.: ФГБОУ ВО «МГТУ «СТАНКИН», 2015.-117 с.

References

1. Kazakov N.V., Abuzov A.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2014, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2014/2426.
 2. Olenenko A.B., Koynov E.G., Razov I.O. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4735
 3. Matveev A.S., Semyachkova E.G. Teoriya i praktika proektnogo obrazovaniya. 2019. №4(12). pp. 82-86.
 4. Sytov N.E. Razvitie tekhnicheskikh nauk v sovremennom mire. 2017. pp. 29-36.
 5. Martins L.L., Rindova V.P., Greenbaum B.E. Strategic Entrepreneurship Journal. 2015. V. 9. №1. pp. 99-117.
 6. Nguyen T.M. International Journal of Knowledge and Systems Science. 2016. V. 7. №2. pp. 58-83.
 7. Porfir'ev A.Yu. Informatsionnye tekhnologii i avtomatizatsiya upravleniya. 2019. pp. 265-270.
-



8. Volkova G.D. Teoriya i praktika avtomatizatsii intellektual'nogo truda [Theory and practice of automation of intellectual work]. M.: Yanus-K, 2020. 104 p.

9. Novoselova O.V. Modelirovanie predmetnykh zadach na nachal'nykh etapakh avtomatizatsii proektnoy deyatel'nosti [Modeling of subject tasks at the initial stages of automation of project activities]. M.: FGBOU VO «MG TU «STANKIN», 2016. 100 p.

10. Volkova G.D. Kontseptual'noe modelirovanie proektnykh zadach [Conceptual modeling of project tasks]. M.: FGBOU VO «MG TU «STANKIN», 2015. 117 p.

Дата поступления: 7.04.2024

Дата публикации: 16.05.2024