



ДИАГРАММЫ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ «БИЗНЕС-ИНФОРМАТИКИ»: ИССЛЕДОВАНИЕ ВОСПРИЯТИЯ И ДЕФЕКТОВ ПРИ ИХ СОЗДАНИИ

Н. Н. Дацун¹

*¹Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
Пермь, Российская Федерация*

АННОТАЦИЯ

Введение. Успешное освоение методологии объектно ориентированного моделирования бизнес-процессов требует от обучающихся «Бизнес-информатики» значительных временных затрат и усилий в практической деятельности. Как студенты этой специальности воспринимают диаграммы деятельности языка UML? Почему созданные ими модели содержат дефекты, которые снижают качество диаграмм? Зависит ли количество дефектов модели от уровня образования ее автора? Может ли сложность моделей влиять на их качество? Цель исследования – найти ответы на эти актуальные вопросы, которые помогут скорректировать обучение бизнес-информатиков созданию диаграмм деятельности и направить его на развитие у них устойчивых профессиональных компетенций моделирования.

Материалы и методы. Выполнен опрос обучающихся на дисциплинах объектно ориентированного анализа и проектирования о степени сложности восприятия диаграмм деятельности и перспектив их дальнейшего использования. Изучены ответы 363 респондентов. Педагогический эксперимент проведен на корпусе из 124 диаграмм деятельности, созданных студентами бакалавриата и магистратуры специальности «Бизнес-информатика» и близкой к ней. Выполнены классификация дефектов, поиск связи между количеством дефектов различных классов, а также между мерой сложности модели и количеством дефектов в ней. Использован статистический и корреляционный анализ, выполненный с помощью открытого программного обеспечения.

Результаты исследования. Модели бизнес-процессов в целом не воспринимаются обучающимися как простые для создания и необходимые в практической деятельности. Однако будущие бизнес-аналитики планируют использовать их на практике в первую очередь. Не были подтверждены гипотезы о нормальности распределений выборок количества дефектов в моделях студентов бакалавриата и магистратуры, в том числе по классам дефектов, а также у выборок меры сложности этих диаграмм. Использована ранговая корреляция, которая показала существование статистической значимой положительной связи между количеством дефектов различных классов с учетом уровня образования авторов моделей, а также между количеством дефектов модели и ее сложностью.

Обсуждение и заключения. Обработка данных опроса показала, что обучающиеся воспринимают диаграммы деятельности как непростой вид моделей, а бизнес-информатики понимают их важность в аналитической работе. Студенты бакалавриата и магистратуры испытывают похожие трудности при создании моделей бизнес-процессов. Выявлен элемент диаграмм деятельности, который является основным источником дефектов. Студенты магистратуры с образованием «Бакалавр бизнес-информатики» не смогли создать

Professional education

бездефектные модели, что свидетельствует о применении неверных шаблонов моделирования путем подмены понятий этапа анализа понятиями этапа проектирования информационной системы. Устранение в процессе обучения выявленных причин дефектов в диаграммах деятельности будет способствовать повышению качества последних и формированию соответствующих компетенций у студентов.

Ключевые слова: моделирование бизнес-процессов, диаграммы деятельности, восприятие диаграмм деятельности, дефект модели, типы дефектов, количество дефектов, классы дефектов, сложность диаграммы деятельности, ранговая корреляция

Для цитирования: Дацун Н. Н. Диаграммы деятельности студентов «Бизнес-информатики»: исследование восприятия и дефектов при их создании // Вестник Мининского университета. 2025. Т. 13, № 1. С. 2. DOI: 10.26795/2307-1281-2025-13-1-2.

STUDENT ACTIVITY DIAGRAMS IN THE BUSINESS INFORMATICS: A STUDY OF PERCEPTION AND DEFECTS DURING THEIR CREATION

N. N. Datsun¹

¹HSE University, Perm, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. Successful mastery of the object-oriented modeling methodology of business processes requires students of Business Informatics to invest significant time and effort in practical activities. How do students of this specialty perceive UML activity diagrams? Why do the models they create contain defects that reduce the quality of the diagrams? Does the defects number in the model depend on the education level of its author? The purpose of the study is to find answers to these pressing questions that will help adjust the training of business informaticians in creating activity diagrams and developing their sustainable professional modeling competencies.

Materials and methods. A survey of students in the disciplines of object-oriented analysis and design was conducted on the degree of complexity of perception of activity diagrams and the prospects for their further use. The responses of 363 respondents were studied. The pedagogical experiment was carried on a corpus of 124 activity diagrams created by bachelor's and master's degree program students majoring in Business Informatics and related fields. The classification of defects, the search for a relationship between the defects number of different classes, as well as between the complexity measure of the model and the defects number in it were performed out. Statistical and correlation analysis was performed using open source software.

Results. Business process models are generally not perceived by students as easy to create and necessary in practical activities. However, future business analysts plan to use them in practice first and foremost. The hypotheses in normality testing of the defects number samples in the models of bachelor's and master's degree program students, including by classes of defects, as well as samples of the complexity measure of these diagrams, were not confirmed. Rank correlation was used, which showed the existence of a statistically significant positive relationship between the defects number of different classes, taking into account the education level of the authors of the models, as well as between the defects number in model and its complexity.

Discussion and conclusions. Survey data processing showed that students perceive activity diagrams as a complex type of models, and business informaticians understand their importance in analytical work. Bachelor's and master's degree program students experience similar difficulties when creating business process models. An element of activity diagrams has been identified, which is the main source of defects. Master's degree students with a Bachelor of Business Informatics degree were unable to create defect-free models. This indicates the use of incorrect modeling patterns by substituting the concepts of the analysis stage with the concepts of the information system design stage. Elimination of the identified causes of defects in activity diagrams during the learning process will contribute to improving the quality of the latter and developing the corresponding competencies in students.

Keywords: business process modeling, activity diagrams, activity diagrams perception, model defect, defects types, defects number, defects classes, activity diagram complexity, rank correlation

For citation: Datsun N. N. Student activity diagrams in the business informatics: a study of perception and defects during their creation // Vestnik of Minin University. 2025. Vol. 13, no. 1. P. 2. DOI: 10.26795/2307-1281-2025-13-1-2.

Введение

Современный тренд цифровизации человеческой деятельности подразумевает использование разнообразных информационных систем (ИС). В основе их разработки лежит модель бизнес-процессов. Рынок труда ожидает специалистов, способных создавать точные и полные спецификации бизнес-процессов. Такими специалистами могут стать выпускники «Бизнес-информатики». В учебных планах этого направления подготовки предусмотрено изучение дисциплин объектно ориентированного анализа и проектирования (ООАиП) и языка UML. В этом языке модели бизнес-процессов представляются диаграммами деятельности (Activity Diagram, AD).

Исследования восприятия студентами создания моделей ИС выполняются в контексте важности этих моделей при решении задач разработки системы и анализа соответствия созданных моделей требованиям к ней. Результаты таких исследований в зарубежных университетах отличаются, а в российских – не выполнялись. Поэтому необходимо изучение мнения обучающихся российских вузов, что позволит понять их отношение к деятельности по моделированию ИС на различных этапах жизненного цикла системы.

Наличие дефектов в AD снижает их качество, приводит к рискам отклонения реализации ИС от исходных спецификаций, увеличению времени на создание системы. Это определяет важность формирования у бизнес-аналитиков компетенций бездефектного моделирования. Анализ трудностей зарубежных студентов при создании AD вскрыл ряд причин возникновения в них дефектов, но для российских студентов такой аналитики нет. Поэтому необходимо классифицировать и исследовать дефекты в диаграммах деятельности отечественных студентов для поиска причин дефектов и способов их устранения.

Модели бизнес-процессов отличаются сложностью. Однако отсутствуют исследования связи количества дефектов в AD и меры ее сложности. Наличие такой связи необходимо проанализировать, чтобы прогнозировать качество моделей бизнес-процессов, созданных студентами.

Professional education

Целью исследования является поиск связи дефектов различных классов и типов в диаграммах деятельности студентов различных уровней образования, а также между дефектами модели и ее сложностью. В этом контексте также необходимо исследовать восприятие диаграмм деятельности UML студентами, изучающими ООАиП, и перспектив их использования после завершения обучения. Это позволит оценить точку зрения обучающихся о важности изучения и практического использования АД в их дальнейшей учебной и профессиональной деятельности.

Объектом нашего исследования являются диаграммы деятельности, созданные студентами направления подготовки «Бизнес-информатика», а предметом исследования – их восприятие, дефекты в этих моделях и сложность соответствующих моделей.

Обзор литературы

Язык UML [3] является стандартом де-факто [31] в индустрии программного обеспечения для моделирования систем объектно ориентированной разработки [40] и/или встраиваемого программного обеспечения [36]. Он применяется для графического представления моделей ООАиП. В последние годы UML (и близкие к нему языки) используется не только в моделировании предприятий [45], их архитектуры [16; 39], процессов управления проектами в государственных учреждениях [9], но и в промышленных приложениях [18], блокчейне [37], робототехнике [47], критически важных [19], промышленных динамических [44] и встроенных интеллектуальных системах [30], а также в разработке линейки программных продуктов [41], критически важном для безопасности программном обеспечении [27], перспективных технологиях [15; 34], Low-code платформах [43], системном проектировании мультитехнологичных систем [24], интеграции мобильных приложений [42].

Из-за своей важности UML преподается на большинстве направлений подготовки бакалавриата, связанных с разработкой программного обеспечения и вычислительной техники [13; 25; 28].

Не менее важным является знание этого языка системными аналитиками [7; 14]. Для них при реализации трудовых функций диаграмма деятельности является важнейшей из диаграмм UML, так как используется для моделирования бизнес-процессов [3; 12] и поведения системы с точки зрения пользователя [20].

Исследователи получили противоречивые результаты оценки восприятия диаграмм деятельности изучающими ООАиП. В целом «...разработка моделей для программных систем – сложная деятельность, освоение которой требует времени и практики» [21, с. 42]. АД студентам направления подготовки «Электронный инжиниринг» кажутся простыми [32, с. 58]. Будущие программные инженеры указали, что создание АД «...не считалось простым для моделирования...» [28, с. 270]. Старшекурсники программной инженерии, мультимедиа и сетевых технологий «...считают моделирование с использованием UML сложной задачей...» [29, с. 12], в том числе моделирование бизнес-процессов. Создание АД в подготовке системных аналитиков является очень сложной задачей, особенно для начинающих [14, с. 1149].

В отечественных публикациях рассматривались вопросы обучения студентов направления подготовки «Бизнес-информатика» моделированию бизнес-процессов [10; 5; 6] и их реинжинирингу [8]. Однако отсутствует информация об исследованиях восприятия диаграмм деятельности студентами российских вузов.

При анализе проблем [38] и неточностей в диаграммах деятельности дефекты объединяют в категории [14; 17; 11; 46], предлагаются классификации таких отклонений в моделях и проводятся исследования их взаимосвязи. Однако отсутствуют исследования отечественных авторов, которые посвящены анализу дефектов в студенческих АД и причин их возникновения.

Кроме субъективного восприятия процесса создания диаграмм UML существуют формальные способы оценки сложности моделей на этом языке с помощью соответствующих метрик [35; 26]. Однако отсутствуют публикации, которые сообщают о результатах исследования связи между возникновением дефектов в диаграммах деятельности обучающихся и сложностью этих моделей.

Материалы и методы

1. Методы изучения восприятия студентами диаграмм деятельности

При изучении был использован количественный метод – анкетный опрос студентов. До выполнения итогового контрольного мероприятия по дисциплинам ООАиП обучающимся предлагается дать ответы на вопросы анкеты, разработанной автором. Здесь обсуждаются результаты ответов на два вопроса:

В1. Какие типы диаграмм UML Вы считаете самыми сложными и самыми простыми для создания?

В2. Какой тип диаграмм UML Вы планируете использовать в будущем?

Для ответа на В1 использована шкала: самый сложный, сложный, относительно сложный, относительно простой, простой, самый простой. Для ответа на В2 использован список с названиями изученных типов диаграмм UML с множественным выбором ответов.

В анализе участвовали ответы, которые дали студенты очной и заочной форм обучения (бакалавриат и специалитет, ИТ-направления подготовки, 186 чел.); студенты очно-заочной формы обучения (бакалавриат, ИТ-направление подготовки, 45 чел.); слушатели программ профессиональной переподготовки («Бизнес-информатика», «Аналитика в IT», «Объектно ориентированное программирование», 148 чел.).

Ответы респондентов были собраны на момент написания этой статьи. Получено 379 ответов на анкету. Из них 339 обучающихся высказали свое мнение о степени сложности АД и о перспективах их использования. Обработка анкет проводилась с помощью табличного процессора.

2. Исследование количества дефектов в диаграммах деятельности студентов

В этой статье для обозначения отклонений от спецификации АД использован термин «дефект». Его релевантными определениями являются «недостаток, изъян» [1, с. 61] и «ошибка в чем-то или в том, как это было сделано, означает, что это не идеально» [33].

Были сформулированы следующие исследовательские вопросы для выявления и оценки влияния дефектов в моделях бизнес-процессов студентов.

ИВ1: Распределение количества дефектов моделей бизнес-процессов не зависит от уровня профессионального образования студентов?

Сформулированы статистические гипотезы для ответа на ИВ1:

– $H_0^{1,1}$: Данные выборки количества дефектов в диаграммах деятельности получены из нормально распределенной генеральной совокупности.

– $H_1^{1,1}$: Данные выборки количества дефектов в диаграммах деятельности взяты не из нормально распределенной совокупности.

Professional education

Студенты, изучающие дисциплины ООАиП, загрузили отчеты о моделировании бизнес-процессов на проверку через элемент «Задание» в соответствующих курсах на платформе moodle, откуда были получены 297 моделей. Из них отобраны АД, созданные студентами очной формы обучения направлений подготовки «Бизнес-информатика» (бакалавриат) и «Информационная аналитика в управлении предприятием» (магистратура), и получен корпус из 125 моделей. Одна модель не содержала дефектов. В нашем исследовании участвовали 124 модели (таблица 1).

Таблица 1 – Распределение количества моделей по уровню образования

Уровень образования	Учебный год создания модели	Количество моделей с дефектами
Бакалавриат	2016–2017	16
	2017–2018	5
Всего по бакалавриату:		21
Магистратура	2019–2020	41
	2020–2021	35
	2021–2022	27
Всего по магистратуре:		103
Всего:		124

Table 1 – Distribution of models number by education level

Education level	The academic year of model creation	Number of defective models
Bachelor's degree program	2016–2017	16
	2017–2018	5
Total on undergraduate program:		21
Master's degree program	2019–2020	41
	2020–2021	35
	2021–2022	27
Total on graduate program:		103
Total:		124

При идентификации дефектов моделей применена классификация [11]: отсутствующие (класс Mis), ненужные (Unn) и неправильные (Wr).

По аналогии сформулированы гипотезы $H_0^{1,i}$ и $H_1^{1,i}$ о нормальности выборок количества дефектов в моделях студентов бакалавриата и магистратуры для трех классов ($2 \leq i \leq 4$).

Чтобы ответить на вопрос, имеются ли различия между выборками классов, сформулированы гипотезы:

– $H_0^{2,1}$: Отсутствует различие между количеством дефектов в диаграммах деятельности, созданных всеми студентами.

– $H_1^{2,1}$: Существует различие между количеством дефектов в АД, созданных всеми студентами.

По аналогии сформулированы гипотезы $H_0^{2,i}$ об отсутствии и $H_1^{2,i}$ о наличии различия между количеством дефектов в моделях всех студентов для трех классов ($2 \leq i \leq 4$).

ИВ2: Существует связь в АД между количеством дефектов одного класса и этим показателем остальных классов?

Для ответа на вопрос сформулированы гипотезы:

– $H_0^{3,1}$: Отсутствует корреляция между количеством дефектов классов Mis и Upp в диаграммах деятельности, созданных всеми студентами.

– $H_1^{3,1}$: Существует корреляция между количеством дефектов классов Mis и Upp в диаграммах деятельности, созданных всеми студентами.

По аналогии сформулированы гипотезы $H_0^{3,i}$ об отсутствии и $H_1^{3,i}$ о наличии корреляции между количеством дефектов классов Mis и Wr , Upp и Wr в AD всех студентов ($2 \leq i \leq 3$), а также между количеством дефектов у всех пар классов в моделях студентов бакалавриата ($4 \leq i \leq 6$) и магистратуры ($7 \leq i \leq 9$).

ИВЗ: Существует связь между сложностью модели и количеством дефектов исследуемых классов?

Сформулированы гипотезы:

– $H_0^{4,1}$: Данные выборки метрики C диаграмм деятельности всех студентов получены из нормально распределенной генеральной совокупности.

– $H_1^{4,1}$: Данные выборки метрики C диаграмм деятельности всех студентов взяты не из нормально распределенной совокупности.

По аналогии сформулированы гипотезы $H_0^{4,i}$ и $H_1^{4,i}$ о нормальности выборок этой метрики диаграмм деятельности студентов бакалавриата и магистратуры ($2 \leq i \leq 3$).

Чтобы ответить на ИВЗ, сформулированы гипотезы:

– $H_0^{5,1}$: Отсутствует корреляция между метрикой C диаграмм деятельности всех студентов и количеством дефектов класса Mis в этих диаграммах.

– $H_1^{5,1}$: Существует корреляция между метрикой C диаграмм деятельности всех студентов и количеством дефектов класса Mis в этих диаграммах.

По аналогии сформулированы гипотезы $H_0^{5,i}$ об отсутствии и $H_1^{5,i}$ о наличии корреляции между метрикой C диаграмм деятельности всех студентов и количеством дефектов классов Upp и Wr в диаграммах ($2 \leq i \leq 3$), метрикой C для AD студентов бакалавриата и магистратуры и количеством дефектов всех классов ($4 \leq i \leq 6$), а также между метрикой C для AD всех студентов, бакалавриата и магистратуры и количеством дефектов всех классов ($7 \leq i \leq 9$).

В анализируемых AD допустимы элементы: плавательная дорожка, участник, начальное состояние, конечное состояние, действие (активность), переход, условный переход, слияние, разветвитель, синхронизатор [3]. Проверка правильности моделей выполнялась преподавателем.

AD студентов бакалавриата были созданы на практических занятиях и лабораторных работах при работе команд из двух человек. Студенты бакалавриата не имели опыта моделирования бизнес-процессов до изучения дисциплины ООАиП, поэтому они названы нами «начинающими». Студенты магистратуры создавали диаграммы деятельности индивидуально при выполнении самостоятельной работы студентов (СРС). При обучении в бакалавриате/специалитете они имели опыт создания диаграмм UML, эти студенты названы «экспертами».

При проверке моделей бизнес-процессов использован чек-лист типов дефектов в AD [22]. Информация собрана по параметру «количество дефектов в модели», поэтому в нашем исследовании применены методы статистического анализа, использующие шкалы отношений. Обработка данных о количестве дефектов проводилась с помощью табличного процессора.

Professional education

3. Исследование сложности диаграмм деятельности студентов

Для всех моделей были вычислены метрики сложности: атомарные и составные [35]. Используются метрики AD из работы [26], основанные на значениях параметров графа AD. Атомарные метрики:

- N (количество узлов без начального и конечного состояний);
- E (количество всех дуг).

Составные метрики, представленные формулами (1)–(2):

- количество линейно независимых путей

$$IP = E - N + 2 \quad (1)$$

- мера сложности

$$C = N + IP \quad (2)$$

Далее используется и анализируется метрика C, значения которой были вычислены с помощью табличного процессора.

4. Анализ данных

Метод описательной статистики применен на этапе описания данных корпуса AD. Критерий Андерсона-Дарлинга использован при проверке нормальности распределения количества дефектов в моделях студентов различных уровней образования. На этапе исследования зависимостей между классами дефектов, а также между классами дефектов и сложностью моделей применен корреляционный анализ. Пакет анализа табличного процессора и пакет PAST 4.03 [23] использованы для обработки данных.

Результаты исследования

1. Результаты изучения восприятия диаграмм деятельности и их дальнейшего использования

Среди результатов ответа на вопросы анкеты в отдельную группу, названную БИ, выделены обучающиеся по направлениям подготовки «Бизнес-информатика» и «Аналитика в ИТ» (таблицы 2–3).

Таблица 2 – Распределение ответов на В1 о сложности диаграмм UML

Тип диаграммы	Указали степень сложности создания диаграммы, %					
	Самый сложный	Сложный	Относительно сложный	Относительно простой	Простой	Самый простой
Деятельности	Ответившие на вопрос, N=363					
	3,0	8,8	19,0	32,5	26,2	10,5
	30,8			69,2		
	Из них группа БИ, N=100					
	2,0	5,0	10,0	39,0	25,0	19,0
Прецедентов	Ответившие на вопрос, N=367					
	6,54	7,08	15,26	28,07	25,07	17,98
	28,9			71,1		
	Из них группа БИ, N=100					
	3,0	7,0	14,0	33,0	26,0	17,0
24,0			76,0			

Table 2 – Responses distribution to B1 about UML diagrams complexity

Diagram type	Specified the complexity level of diagram creating, %					
	Most Complex	Complex	Relatively Complex	Relatively Simple	Simple	The Simplest
Activity	Those who answered the question, N=363					
	3,0	8,8	19,0	32,5	26,2	10,5
	30,8			69,2		
	Of these, the BI group, N=100					
	2,0	5,0	10,0	39,0	25,0	19,0
Use Case	Those who answered the question, N=367					
	6,54	7,08	15,26	28,07	25,07	17,98
	28,9			71,1		
	Of these, the BI group, N=100					
	3,0	7,0	14,0	33,0	26,0	17,0
	24,0			76,0		

Таблица 3 – Распределение ответов на B2 о перспективах использования диаграмм UML

Указали о намерении использовать в будущем диаграммы, %		
Прецедентов	Деятельности	Классов
Ответившие на вопрос 1 и вопрос 2 анкеты, N=339		
68,7	60,2	79,1
Из них группа БИ, N=85		
60,0	74,1	50,6

Table 3 – Answers distribution to B2 on the prospects of using UML diagrams

They indicated their intention to use diagrams in the future, %		
Use Case	Activity	Class
Those who answered questions B1 and B2 of the questionnaire, N=339		
68,7	60,2	79,1
Of these, the BI group, N=85		
60,0	74,1	50,6

2. Результаты исследования количества дефектов в диаграммах деятельности

В корпусе АД были обнаружены дефекты 37 типов (таблица 4).

Таблица 4 – Распределение количества типов дефектов и их количества по классам

Класс выборки дефектов	Количество типов дефектов	Количество дефектов в моделях авторов уровня образования	
		Бакалавриат	Магистратура
Mis	9	38	234
Unn	5	8	15
Wr	23	312	1828

Table 4 – Distribution of defect types number and their number by classes

Defect sampling class	Defect types number	Defects number in models of of authors of level of education	
		Bachelor's degree program	Master's degree program
Mis	9	38	234
Unn	5	8	15
Wr	23	312	1828

Professional education

Описательные статистики и оценки плотности вероятности моделей студентов бакалавриата и магистратуры были получены для ответа на ИВ1. Такие же показатели получены для исследуемого корпуса моделей по классам дефектов. Они представлены с помощью объединения коробчатой диаграммы и скрипичного графика [2, с. 56] (рисунки 1–2).

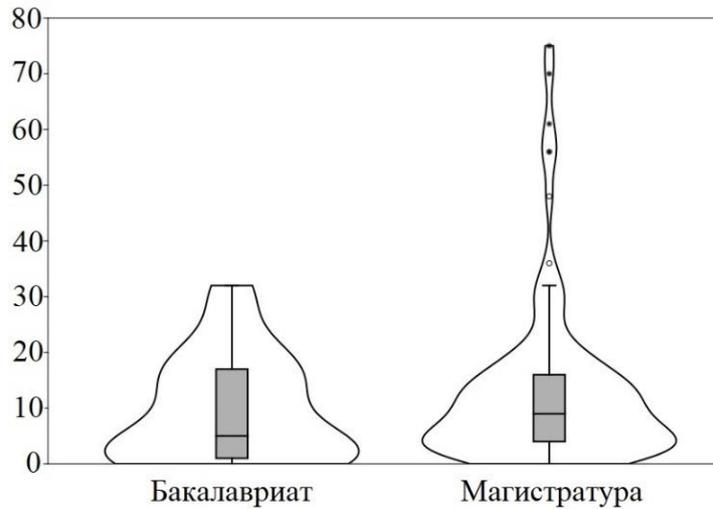


Рисунок 1 – Визуальное представление описательной статистики общего количества дефектов моделей (по уровню образования) / Figure 1 – Visual representation of descriptive statistics of the total number of model defects (by education level)

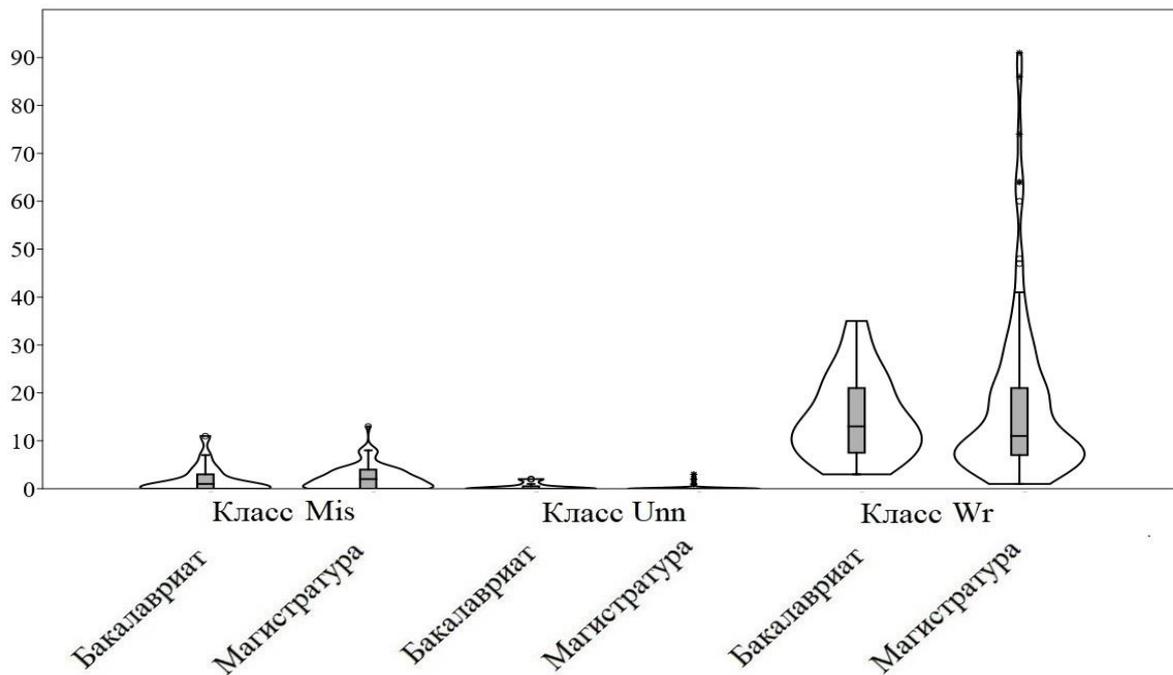


Рисунок 2 – Визуальное представление описательной статистики количества дефектов моделей (по классам и по уровню образования) / Figure 2 – Visual representation of descriptive statistics of the number of model defects (by class and by education level)

Таблица 5 содержит результаты проверки нормальности распределения количества дефектов.

Таблица 5 – Значения p критерия Андерсона-Дарлинга

Все студенты	Количество дефектов класса			
	Mis	Unn	Wr	Общее
A2	6,413	37,737	7,970	7,633
p	<0,001			

Table 5 – Anderson-Darling test p values

All students	Defects number in class			
	Mis	Unn	Wr	Общее
A2	6,413	37,737	7,970	7,633
p	<0,001			

Результаты сравнения выборок количества дефектов по критерию Манна-Уитни приведены в таблице 6. Так как одинаковые значения количества дефектов встречаются во всех выборках всех классов, для принятия решений о гипотезах $H_0^{2,i}$ и $H_1^{2,i}$ используется Z-критерий.

Таблица 6 – Результаты сравнения классов дефектов по уровню образования авторов моделей с помощью критерия Манна-Уитни ($\alpha=0,05$)

Класс выборки дефектов	Медиана (Me)		U	Zэксп	p-value
	Бакалавриат (N1=21)	Магистратура (N2=103)			
Mis	1	2	862,5	1,456	0,144
Unn	0	0	911,5	-1,129	0,259
Wr	13	11	1039	-0,280	0,390
Все дефекты	14	14	1076,5	0,030	0,976

Table 6 – Results of comparison of defect classes by the education level of the authors of the models using the Mann-Whitney U test ($\alpha=0.05$)

Defect sampling class	Median (Me)		U	Zэксп	p-value
	Bachelor's degree program (N1=21)	Master's degree program (N2=103)			
Mis	1	2	862,5	1,456	0,144
Unn	0	0	911,5	-1,129	0,259
Wr	13	11	1039	-0,280	0,390
All defects	14	14	1076,5	0,030	0,976

Количество дефектов в моделях авторов различных уровней образования существенно различается (таблица 4.) Поэтому при их сравнении использованы средние значения этого показателя (рисунки 3–5.)

Распределение количества дефектов по их типам необходимо для того, чтобы понять различия в дефектах у студентов бакалавриата и магистратуры (рисунок 3): выполнено упорядочение по возрастанию значений показателя у студентов бакалавриата в каждом из классов; количество элементов в упорядоченных группах соответствует значениям второго столбца таблицы 4. Дефекты класса Mis имеют идентификаторы m1–m9, класса Unn – u1–u5, класса Wr – w1–w23 (рисунки 3–5.)

Professional education

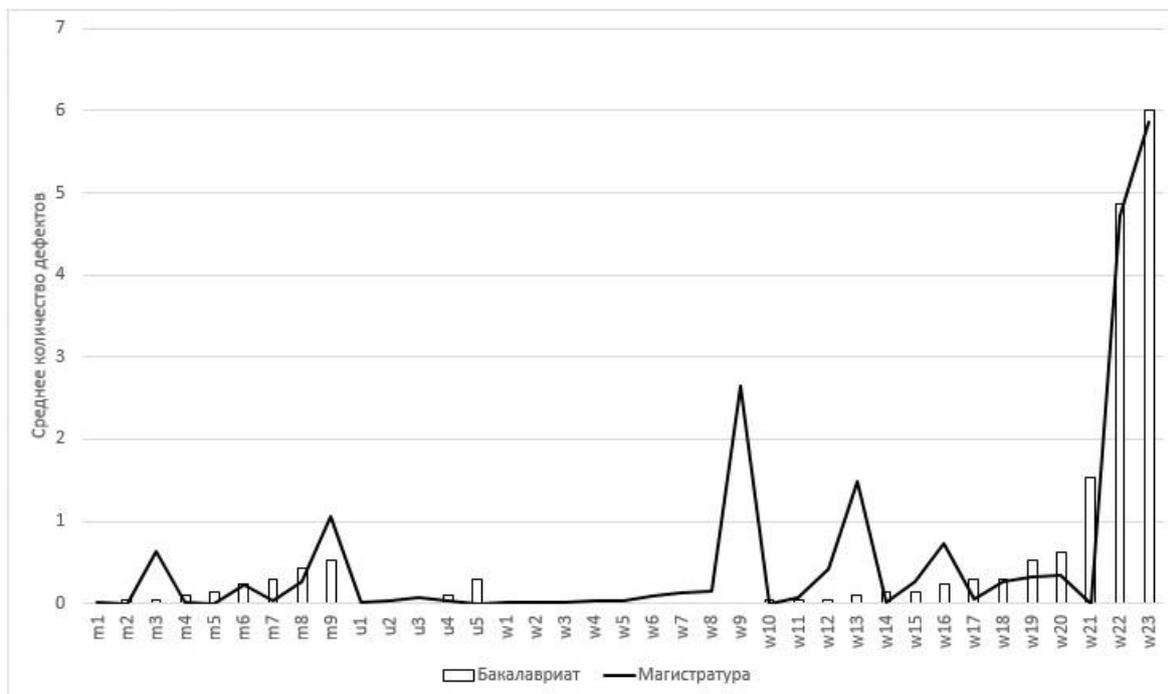


Рисунок 3 – Распределение среднего количества дефектов по типам внутри классов / Figure 3 – Distribution of defects average number by type within classes

У студентов магистратуры были проанализированы данные о направлении подготовки образования уровня бакалавриата/специалитета. 19 моделей созданы студентами, имеющими образование «Бизнес-информатика» (18,45 % из созданных «экспертами»), и 84 – остальными (81,55 %). На рисунке 4 представлены значения количества дефектов по их типам в моделях студентов магистратуры.



Рисунок 4 – Распределение среднего количества дефектов по типам внутри классов в AD студентов магистратуры / Figure 4 – Distribution of defects average number by type within classes for AD of master's degree programs students

На рисунке 5 представлены значения количества дефектов по их типам в моделях студентов, обучающихся в бакалавриате по направлению «Бизнес-информатика», и студентов магистратуры, имеющих диплом бакалавра этого направления.



Рисунок 5 – Распределение среднего количества дефектов по типам внутри классов в AD студентов и бакалавров направления «Бизнес-информатика» / Figure 5 – Distribution of defects average number by type within classes for AD of students and master's degree students in Business Informatics

Описательные статистики свидетельствуют о том, что предположение о нормальности распределения количества дефектов (общего и в соответствии с используемой классификацией) противоречит данным выборок (рисунки 1–2), поэтому применить корреляционный анализ по Пирсону невозможно. Был выполнен расчет коэффициентов корреляции Спирмена r_s для ответа на ИВ2 (таблица 7).

Таблица 7 – Корреляция между количеством дефектов различных классов

Уровень образования	Корреляция между количеством дефектов классов, r_s / p-value ($\alpha=0,05$)		
	Mis и Unn	Mis и Wr	Unn и Wr
Все студенты	0,251 / 0,0049	0,212 / 0,018	0,157 / 0,082
Бакалавриат	0,364 / 0,105	0,420 / 0,059	0,680 / p<0,001
Магистратура	0,247 / 0,012	0,176 / 0,076	0,028 / 0,776

Table 7 – Correlation between defects number of different classes

Education level	Correlation between defects number of the classes, r_s / p-value ($\alpha=0,05$)		
	Mis и Unn	Mis и Wr	Unn и Wr
All students	0,251 / 0,0049	0,212 / 0,018	0,157 / 0,082
Bachelor's degree program	0,364 / 0,105	0,420 / 0,059	0,680 / p<0,001
Master's degree program	0,247 / 0,012	0,176 / 0,076	0,028 / 0,776

3. Результаты исследования связи сложности диаграмм деятельности и количества дефектов в них

На рисунке 6 представлены описательные статистики и плотности вероятности метрики С диаграмм деятельности корпуса моделей.

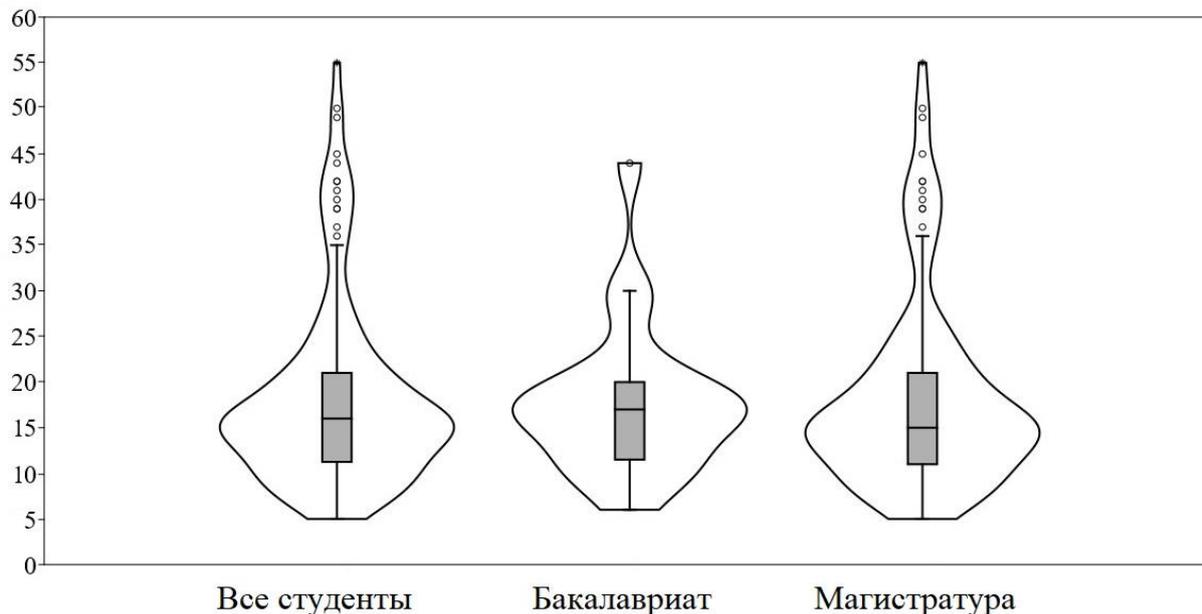


Рисунок 6 – Визуальное представление описательной статистики меры сложности диаграмм деятельности / Figure 6 – Visual representation of descriptive statistics of complexity measure of activity diagrams

Предположение о нормальности распределения значений меры сложности моделей (у всех студентов и в соответствии с уровнем образования) противоречит имеющимся данным (рисунок 6). Поэтому для ответа на ИВЗ был выполнен расчет коэффициентов корреляции Спирмена r_s (таблица 8).

Таблица 8 – Корреляция между сложностью моделей и количеством дефектов различных классов

Уровень образования	Корреляция между мерой сложности AD и количеством дефектов классов, r_s / p-value ($\alpha=0,05$)		
	Mis	Unn	Wr
Все студенты	0,513 / p <0,001	0,178 / 0,047	0,520 / p <0,001
Бакалавриат	0,328 / 0,146	0,135 / 0,560	0,648 / 0,001
Магистратура	0,570 / p <0,001	0,179 / 0,070	0,489 / p <0,001

Table 8 – Correlation between the complexity of models and defects number of different classes

Education level	Correlation between the complexity of AD and the defects number in classes, r_s / p-value ($\alpha=0,05$)		
	Mis	Unn	Wr
All students	0,513 / p <0,001	0,178 / 0,047	0,520 / p <0,001
Bachelor's degree program	0,328 / 0,146	0,135 / 0,560	0,648 / 0,001
Master's degree program	0,570 / p <0,001	0,179 / 0,070	0,489 / p <0,001

Чтобы изучить связь между метрикой С диаграмм деятельности и количеством дефектов разных классов в них, были построены распределения (N=124) (рисунок 7). Данные сгруппированы по уровню образования авторов AD (диаграммы «начинающих» имеют идентификаторы n1–n21, диаграммы «экспертов» – e1–e103) и упорядочены по возрастанию общего количества дефектов внутри этих групп.



Рисунок 7 – Распределение количества дефектов в AD студентов бакалавриата и магистратуры и меры их сложности / Figure 7 – Distribution of defects number in AD of Bachelor's and Master's degree programs students and measure of their complexity

Обсуждение и заключения

При ответе на вопрос анкеты «Какие типы диаграмм UML Вы считаете самыми сложными и самыми простыми для создания?» оценку диаграммы деятельности предоставили 95,8 % участников, диаграммы прецедентов – 96,8 %. Они указали, что диаграмма деятельности является немного более сложной для создания, чем диаграмма прецедентов.

Обучающиеся из группы БИ составляют 27,6 % из ответивших на этот вопрос. Они оценили сложность диаграммы деятельности значительно ниже, чем все обучающиеся. При этом доля назвавших AD самой сложной диаграммой среди них незначительно отличается от доли среди всех (2 % и 3 % соответственно), а доля признавших эту диаграмму относительно сложной ниже почти вдвое, чем среди всех ответивших на этот вопрос.

Таким образом, результаты нашего изучения восприятия обучающимися диаграмм деятельности не противоречат данным ранних работ [28; 14; 32; 29]: хотя большинство обучающихся склонны считать AD простыми, часть признает их сложность.

На оба вопроса анкеты ответили 89,4 % участников. При выборе типов моделей UML, планируемых к использованию после завершения обучения, диаграмма деятельности попала в Топ-3 важных моделей на третьем месте. Этот результат подтверждает полученные ранее мнения о полезности UML диаграмм с учетом этапа жизненного цикла информационной системы (ИС). Полезными для понимания информации и практического использования на этапе анализа признаны диаграммы вариантов использования, а на этапе проектирования – диаграммы классов. Поэтому полученное нами отличие в планах применения UML моделей различных типов не противоречит оценке студентами AD как такого типа диаграмм, который «...не может считаться полезным для понимания программного обеспечения из-за полезности других диаграмм...» [28, с. 270].

Обучающиеся группы БИ при ответе на вопрос о планах использования диаграмм UML поставили на первое место диаграмму деятельности. Лидерство AD в предпочтениях

Professional education

соответствует пониманию ими будущей аналитической деятельности именно на ранних этапах жизненного цикла и важности АД для анализа требований.

Ответ на ИВ1. Дефекты содержатся в 99,2 % диаграмм деятельности исследуемого корпуса. В моделях преобладают дефекты класса неправильные (62,2 %).

Описательные статистики и плотности вероятности всех трех выборок моделей: студентов в целом, студентов бакалавриата и магистратуры – свидетельствуют о том, что закон распределения соответствующих выборок далек от нормального. Полученные значения χ^2 критерия Андерсона-Дарлингга для этих выборок $p < 0,05$ ($\alpha = 0,05$). Это означает, что получено достаточно доказательств для утверждения, что все гипотезы $H_0^{1,i}$ ($1 \leq i \leq 4$) отвергаются: все выборки данных существенно отклоняются от нормальности.

На основе данных таблицы 6 можно утверждать, что для пар моделей студентов бакалавриат–магистратура у выборок общего количества дефектов и их количества во всех классах получены значения $p > \alpha$ ($\alpha = 0,05$); значения статистики $Z_{\text{эксп}}$ находятся в области приемлемости 95 % [-1,96;1,96]; значения U соответствуют 95 % допустимых значений. Поэтому у нас нет оснований для отклонения гипотез $H_0^{2,i}$ ($1 \leq i \leq 4$). Таким образом, отсутствуют статистически значимые различия между выборками количества дефектов в диаграммах деятельности, созданных студентами бакалавриата и магистратуры, для общего количества дефектов, а также дефектов классов отсутствующих, ненужных и неправильных. Вне зависимости от уровня образования студенты испытывали трудности при создании АД. Также выявлено, что нет различия между средним количеством дефектов в диаграммах деятельности студентов бакалавриата и магистратуры в выборках дефектов класса U_{np} . Среднее количество дефектов в АД выше у студентов бакалавриата, чем у студентов магистратуры, в выборках W_{r} , но ниже в выборках M_{is} .

Участок графика рисунка 3 класса U_{np} показывает, что количество дефектов в АД «экспертов» распределено между типами дефектов более равномерно по сравнению с моделями студентов бакалавриата. В классах M_{is} и W_{r} такое свойство этого показателя у студентов магистратуры не наблюдается. Это свидетельствует о том, что с отклонениями от спецификации АД при пропуске или неправильном использовании элементов диаграмм деятельности связан уровень образования авторов.

Если рассматривать АД студентов магистратуры, имеющих образование уровня бакалавра по направлению «Бизнес-информатика», то рисунок 4 показывает, что у них вызвало трудности и в какой степени по сравнению с остальными обучающимися магистратуры:

1. Незначительно бóльшие в классе отсутствующих – m_3 (Отсутствие скобок, заключающих текст условия в условном переходе) и m_9 (Пропуск знака "?" в условии условного перехода);

2. Незначительно бóльшие в классе неправильных – w_5 (Использование активности вместо условия), w_7 (Использование неверного элемента для дорожки участника), w_{12} (Размещение текста условия внутри символа условного перехода) и w_{15} (Тексты условий условных переходов должны быть уникальными);

3. Существенно бóльшие в классе неправильных – w_{13} (Неверный текст альтернативы условного перехода) и w_{16} (Названия активностей должны быть уникальными);

4. Существенно меньшие в классе неправильных – w_{22} (Подмена понятия «бизнес-процесс» понятием «алгоритм работы с ИС») и w_{23} (Неверное название активности).

Это свидетельствует о том, что студенты-бакалавры «Бизнес-информатики» испытывали трудности при структуризации бизнес-процесса (элементы плавательная дорожка и действие) и моделировании его динамики (условный переход). Девятнадцать типов дефектов (51,4 %) в моделях бизнес-процессов связаны с условным переходом и его частями, и в большинстве случаев в дефектах студенты обоих уровней образования отождествляют этот элемент AD с символом «Решение» в схемах программ [4].

Сравнение AD студентов «начинающих» и «экспертов» по направлению «Бизнес-информатика» на рисунке 5 показывает, что перечисленные выше различия 1–3 гораздо существеннее и уровень образования значительно больше влияет на отклонения от спецификации AD в классах отсутствующих и неправильных дефектов.

Таким образом, все «эксперты» испытывали больше трудностей при создании диаграмм деятельности по сравнению с «начинающими», а «эксперты» с образованием «Бизнес-информатика» – больше как по сравнению с остальными студентами магистратуры, так и по сравнению с «начинающими». Студенты магистратуры в целом не показали уверенных навыков и знаний при создании моделей бизнес-процессов по сравнению со студентами бакалавриата, в том числе и те, кто имеет образование «Бизнес-информатика». Причинами являются различие в видах учебной деятельности в дисциплинах ООАиП, некорректное применение при решении задач СРС ранее использованных шаблонов моделирования и небрежность при моделировании бизнес-процессов.

Ответ на ИВ2. Полученные значения p в таблице 7 свидетельствуют о том, что имеется достаточно доказательств для утверждения, что должны быть приняты гипотезы $H_0^{3,i}$ ($3 \leq i \leq 5$, $8 \leq i \leq 9$) и $H_1^{3,i}$ ($1 \leq i \leq 2$, $6 \leq i \leq 7$). Получено подтверждение положительной монотонной связи ($\alpha=0,05$) между количеством дефектов различных классов: у классов Unn и Wг в моделях студентов бакалавриата самой сильной, у классов Mis и Unn в AD всех студентов и студентов магистратуры – более слабой, у классов Mis и Wг в AD всех студентов – наиболее слабой.

Таким образом, в диаграммах деятельности всех студентов существует связь количества пропущенных элементов с количеством ненужных и неправильных. Наличие связи между количеством дефектов одного класса и этим показателем остальных классов зависит от уровня образования авторов моделей: у дефектов класса ненужные она есть в диаграммах бакалавров с дефектами класса неправильные, а в диаграммах магистрантов – класса пропущенные.

Ответ на ИВ3. Описательные статистики и оценки плотности вероятности выборок метрики С диаграмм деятельности всех студентов, бакалавриата и магистратуры свидетельствуют о том, что закон распределения соответствующих выборок далек от нормального. Все гипотезы $H_0^{4,i}$ ($1 \leq i \leq 3$) для меры сложности AD отвергаются: все выборки данных метрики С существенно отклоняются от нормальности.

Значения p таблицы 8 свидетельствуют: получено подтверждение того, что должны быть приняты гипотезы $H_0^{5,i}$ ($4 \leq i \leq 5$, $i=8$) и $H_1^{5,i}$ ($1 \leq i \leq 3$, $6 \leq i \leq 7$, $i=9$). Результаты корреляции Спирмена показали, что существует положительная монотонная связь между метрикой С и количеством дефектов классов:

1. Mis, Unn и Wг в AD всех студентов;
2. Wг в AD студентов бакалавриата;
3. Mis и Wг в AD студентов магистратуры.

В целом количество дефектов класса неправильные (и вне зависимости от уровня образования авторов моделей) имеет более сильную связь со сложностью диаграмм

Professional education

деятельности. Но связь сложности AD с их качеством сильнее выражена в моделях студентов бакалавриата и менее – магистратуры.

Степень связи сложности AD с количеством дефектов класса отсутствующие в моделях «экспертов» вносит основной вклад в значение корреляции метрики C с дефектами в AD всех студентов.

Рисунок 7 показывает, что модели бизнес-процессов студентов отличаются по сложности, но трудности возникали при создании не только сложных, но и простых диаграмм деятельности. В целом можно ожидать при росте сложности модели повышение количества дефектов в условных переходах, а также увеличение использования лишних элементов AD или их частей и пропуска/подмены элементов.

Таким образом, уровень качества моделей бизнес-процессов студентов связан как с их сложностью, так и с текущим опытом создания диаграмм деятельности.

В заключение необходимо отметить следующее. Результаты анализа восприятия обучающимися сложности создания диаграмм деятельности не противоречат мнениям студентов, полученным ранее зарубежными исследователями: создание AD – это важный, но не простой процесс. Большинство обучающихся направления подготовки «Бизнес-информатика», участвовавших в опросе, понимают место моделей бизнес-процессов в анализе ИС и планируют использовать диаграммы деятельности по завершении изучения дисциплин ООАиП.

Вне зависимости от уровня образования студенты направления подготовки «Бизнес-информатика» испытывали схожие трудности при создании моделей бизнес-процессов. Предположение о существенных различиях количества дефектов в диаграммах «начинающих» и «экспертов» не подтвердилось. Уровень образования в целом не влияет на различия в отклонениях от спецификации моделей, хотя причины их невысокого качества у студентов магистратуры иные по сравнению со студентами бакалавриата.

Анализ связи между дефектами трех классов показал, что монотонная положительная связь наблюдается у количества дефектов всех студентов, связанных с пропуском элементов, с дефектами ненужные и неправильные. При этом вклад в полученную связь у моделей «начинающих» и «экспертов» отличается.

Была выявлена положительная монотонная связь между мерой сложности диаграмм деятельности и количеством дефектов каждого из трех классов с учетом уровня образования авторов моделей. В исследованном корпусе представлены как простые, так и сложные диаграммы деятельности. Однако трудности при их создании сопровождали студентов вне зависимости от сложности модели бизнес-процессов и от уровня их образования. В нашем исследовании элемент AD «условный переход» идентифицирован как главный источник дефектов во всех трех классах. Основной причиной этого является отождествление этой модели и блок-схемы работы с системой, а также невнимательность к деталям спецификации AD. Поэтому усложнение модели может приводить к увеличению дефектов, ассоциированных с условным переходом. На предотвращение таких дефектов следует обращать внимание студентов при изучении дисциплин ООАиП, что в свою очередь повысит качество моделей бизнес-процессов.

Список использованных источников

1. Большой академический словарь русского языка: в 30 т. / под ред. К. С. Горбачевича. М.–СПб., 2006. Т. 5. 693 с.
2. Брюс П., Брюс Э. Практическая статистика для специалистов Data Science. СПб., 2018. 304 с.

3. Буч Г., Рамбо Д., Якобсон И. Язык UML. Руководство пользователя: пер. с англ. М., 2022. 495 с.
4. ГОСТ 19.701-90. Межгосударственный стандарт. Единая система программной документации. Схемы алгоритмов, программ, данных и систем. Обозначения условные и правила выполнения. М., 2010. С. 139-158. URL: <https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=137637> (дата обращения: 08.09.2024).
5. Зинина Л. И., Петрова Е. С., Иванова И. А. Инновационно-стратегические решения в развитии образовательного направления «Бизнес-информатика» // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер.: Экономика и управление. 2019. № 2 (42). С. 18-32. <https://doi.org/10.25686/2306-2800.2019.2.18>.
6. Иванова В. В., Стоянова О. В., Лезина Т. А. Механизмы адаптации образовательных программ к требованиям рынка труда: опыт направления «Бизнес-информатика» // Прикладная информатика. 2019. Т. 14, № 5 (83). С. 29-40. DOI: 10.24411/1993-8314-2019-10034.
7. Министерство труда и социальной защиты Российской Федерации. Приказ от 27 апреля 2023 года № 367н. Об утверждении профессионального стандарта «Системный аналитик». Минтруд России. URL: <https://mintrud.gov.ru/docs/mintrud/orders/2638> (дата обращения: 08.09.2024).
8. Пронина З. И. Структурные компоненты готовности бакалавров направления подготовки «Бизнес-информатика» к инновационной деятельности // Казанский педагогический журнал. 2018. № 3. С. 58-61.
9. Родина О. В., Борисов И. А. UML-моделирование процессов управления проектами в Федеральной Налоговой Службе России // Первый экономический журнал. 2023. № 9 (339). С. 44-54.
10. Ушакова М. В., Габалин А. В. Моделирование бизнес-процессов при подготовке бакалавров по специальности «Бизнес-информатика» в условиях цифровой трансформации предприятий // Открытое образование. 2020. Т. 24, № 6. С. 52-59. <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2020-6-51-59>.
11. Alenazi M., Niu N., Savolainen J. SysML Modeling Mistakes and Their Impacts on Requirements // Proceedings of the 2019 IEEE 27th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW 2019), (23–27 September 2019). 2019. Pp. 14-23. <https://doi.org/10.1109/REW.2019.00010>.
12. Amjad A., Ul Haq S., Abbas M., Arif M.H. UML Profile for Business Process Modeling Notation // Proceedings of the 2021 International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technologies (IBCAST). (12–16 January 2021). 2021. Pp. 389-394. <https://doi.org/10.1109/IBCAST51254.2021.9393223>.
13. Apostol D.-C., Bogdan R., Marcu M. UML Diagrams in Teaching Software Engineering Classes. A Case Study in Computer Science Class // Proceedings of the 2024 IEEE 22nd World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI). (25–27 January 2024). 2024. Pp. 000327-000332. <https://doi.org/10.1109/SAMI60510.2024.10432905>.
14. Beimel D., Tsoury A., Lev S.B. Identifying common and persistent errors made by novice analysts when modeling business processes using UML activity diagram: utilizing a hierarchical error classification // Software Quality Journal. 2023. Vol. 31. Pp. 1149-1178. <https://doi.org/10.1007/s11219-023-09628-2>.
15. Cardenas H., Zimmerman R., Viesca A. R., Al Lail M., Perez A. J. Formal UML-based Modeling and Analysis for Securing Location-based IoT Applications // Proceedings of the 2022 IEEE 19th

Professional education

- International Conference on Mobile Ad Hoc and Smart Systems (MASS). (19–23 October 2022). 2022. Pp. 722-723. <https://doi.org/10.1109/MASS56207.2022.00109>.
16. Cavique L., Cavique M., Mendes A. B. Integration of UML Diagrams from the Perspective of Enterprise Architecture // Rocha Á., Adeli H., Dzemyda G., Moreira F., Ramalho Correia A. M. (eds) Trends and Applications in Information Systems and Technologies. WorldCIST 2021. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 1366. Springer, Cham, 2021. Pp. 459-468. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72651-5_44.
 17. Chren S., Buhnova B., Macak M., Daubner L., Rossi B. Mistakes in UML Diagrams: Analysis of Student Projects in a Software Engineering Course // Proceedings of the 2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET 2019), (25–31 May 2019). 2019. Pp. 100-109. <https://doi.org/10.1109/ICSE-SEET.2019.00019>.
 18. Egorova E. I., Kurylev D. V. Modeling the Technological Process of the “Cup” Part in UML Language // Russian Aeronautics. 2023. Vol. 66. Pp. 864-870. <https://doi.org/10.3103/S1068799823040281>.
 19. Elekes M., Molnár V., Micskei Z. Assessing the specification of modelling language semantics: a study on UML PSSM // Software Quality Journal. 2023. No. 31. Pp. 575-617. <https://doi.org/10.1007/s11219-023-09617-5>.
 20. Felderer M., Herrmann A. Comprehensibility of system models during test design: a controlled experiment comparing UML activity diagrams and state machines // Software Quality Journal. 2019. Vol. 27. Pp. 125-147. <https://doi.org/10.1007/s11219-018-9407-9>.
 21. Foss S., Urazova T., Lawrence R. Learning UML database design and modeling with AutoER // Proceedings of the 25th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems: Companion Proceedings (MODELS '22). (23–28 October 2022). 2022. Pp. 42-45. <https://doi.org/10.1145/3550356.3559091>.
 22. Gasheva T. S., Vlasov D. I., Otinov A. V., Datsun N. N. Validation Automation of UML Diagrams Created by Students // Trudy ISP RAN. 2021. Vol. 33, no. 4. Pp. 7-18. [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2021-33\(4\)-1](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2021-33(4)-1).
 23. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontologia Electronica. 2001. Vol. 4, no. 1. Pp. 1-9. Available at: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (accessed: 08.07.2024).
 24. Häring I. Semi-Formal Modeling of Multi-technological Systems I: UML // Technical Safety, Reliability and Resilience. Methods and Processes. Singapore, Springer, 2021. Pp. 227-263. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4272-9_13.
 25. Huber F., Eigler T., Hagel G., Wolff C. Qualitative Requirements Elicitation of Student Requirements for Tool-supported Teaching of UML Diagrams // Proceedings of the 5th European Conference on Software Engineering Education (ECSEE '23). (19–21 June 2023). 2023. Pp. 189-193. <https://doi.org/10.1145/3593663.3593673>.
 26. Lahon M., Sharma U. Complexity Assessment based on UML-Activity Diagram // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE). 2019. Vol. 8, no. 2. Pp. 2391-2397. <https://doi.org/10.35940/ijrte.B1596.078219>.
 27. Lincke S. Planning for Secure Software Requirements and Design with UML // Information Security Planning. A Practical Approach. Cham, Springer, 2024. Pp. 417-445. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43118-0_23.
 28. Lopes A., Steinmacher I., Conte T. UML Acceptance: Analyzing the Students' Perception of UML Diagrams // Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering

- (SBES 2019). (23–27 September 2019). 2019. Pp. 264-272. <https://doi.org/10.1145/3350768.3352575>.
29. Matyokurehwa K., Makoni K. T. Students' Perceptions in Software Modelling Using UML in Undergraduate Software Engineering Projects // *International Journal of Information and Communication Technology Education (IJICTE)*. 2019. Vol. 15, no. 4. Article no. 2. Pp. 12-24. <https://doi.org/10.4018/IJICTE.2019100102>.
 30. Méré M., Jouault F., Pallardy L., Perdriau R. Feedback on the formal verification of UML models in an industrial context: the case of a smart device life cycle management system // *Proceedings of the 25th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS '22)*. (23–28 October 2022). 2022. Pp. 121-131. <https://doi.org/10.1145/3550355.3552454>.
 31. OMG® Unified Modeling Language® (OMG UML®). Version 2.5.1 (with change bars). Available at: <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/PDF/changebar> (accessed: 08.09.2024).
 32. Ordinez L., Eggly G., Micheletto M., Santos R. Using UML for Learning How to Design and Model Cyber-Physical Systems // *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*. 2020. Vol. 15, no. 1. Pp. 50-60. <https://doi.org/10.1109/RITA.2020.2978416>.
 33. Oxford Learner's Dictionaries. Available at: https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/defect_1 (accessed: 08.09.2024).
 34. Pérez-Castillo R., Piattini M. Design of classical-quantum systems with UML // *Computing*. 2022. Vol. 104. Pp. 2375-2403. <https://doi.org/10.1007/s00607-022-01091-4>.
 35. Polančič G., Cignar B. Complexity metrics for process models – A systematic literature review // *Computer Standards & Interfaces*. 2017. Vol. 51. Pp. 104-117. <https://dx.doi.org/10.1016/j.csi.2016.12.003>.
 36. Posadas H., Vázquez J. L., Villar E. Automatic code generation from UML for data memory optimization in microcontrollers // *Proceedings of the 2023 38th Conference on Design of Circuits and Integrated Systems (DCIS)*. (15–17 November 2023). 2023. Pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/DCIS58620.2023.10335980>.
 37. Priyalakshmi G., Sidhan M., Mithilesh V., Nishanth G., Marceline J. UML Design Modeling of Smart Contracts // Senjyu T., So-In C., Joshi A. (eds) *Smart Trends in Computing and Communications*. SmartCom 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 650. Springer, Singapore, 2023. Pp. 387-396. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0838-7_34.
 38. Reuter R., Stark T., Sedelmaier Y., Landes D., Mottok J., Wolff C. Insights in Students' Problems during UML Modeling // *Proceedings of the 2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2020)*. (27–30 April 2020). 2020. Pp. 592-600. <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125110>.
 39. Sanyoto A. E. A., Saputra M. C., Aknuranda I. Analyzing The Impact of UML, BPMN, and ArchiMate Integration from User Perspective // *Proceedings of the 2024 10th International Conference on Computing and Artificial Intelligence (ICCAI '24)*. (26–29 April 2024). 2024. Pp. 409-414. <https://doi.org/10.1145/3669754.3669817>.
 40. Semenova E., Tynchenko V., Chashchina S., Suetin V., Stashkevich A. Using UML to Describe the Development of Software Products Using an Object Approach // *Proceedings of the 2022 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS)*, (01–04 June 2022). 2022. Pp. 1-4. <https://doi.org/10.1109/IEMTRONICS55184.2022.9795777>.
 41. Silva L. F., Oliveira E. Jr, dos Santos R. P. A Field Study on Reference Architectural Decisions for Developing a UML-based Software Product Line Tool // *Proceedings of the 16th Brazilian*

Professional education

- Symposium on Software Components, Architectures, and Reuse (SBCARS '22). (3–4 October 2022). 2022. Pp. 20-29. <https://doi.org/10.1145/3559712.3559713>.
42. Sinawang B. H., Redi A. N. P., Young M. N. Optimizing Value Proposition and Customer Engagement in Mobile Applications: Using UML with Process Chain Analysis // Proceedings of the 2024 7th International Conference on Computers in Management and Business (ICCMB '24). (12–14 January, 2024). 2024. Pp. 200-205. <https://doi.org/10.1145/3647782.3647813>.
 43. Stramaglia A., Keiren J. J. A. Formal Verification of an Industrial UML-like Model using mCRL2 // Groote J. F., Huisman M. (eds) Formal Methods for Industrial Critical Systems. FMICS 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol. 13487. Springer, Cham, 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15008-1_7.
 44. Van Hien N., Van He N. An Object-Oriented Model Based on the Specialization of Real-Time UML/MARTE and Hybrid Automata to Realize Industrial Hybrid Dynamic Systems // Proceedings of the 2022 9th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science (NICS). (31 October 2022 – 01 November 2022). 2022. Pp. 408-413. <https://doi.org/10.1109/NICS56915.2022.10013391>.
 45. Veitaitė I., Lopata A. Problem Domain Example of Knowledge-Based Enterprise Model Usage for Different UML Behavioral Models Generation // Abramowicz W., Auer S., Stróżyńska M. (eds) Business Information Systems Workshops. BIS 2021. Lecture Notes in Business Information Processing, vol. 444. Springer, Cham, 2022. Pp. 45-55. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04216-4_5.
 46. Vogel-Heuser B., Land K., Bi F. Challenges for Students of Mechanical Engineering Using UML – Typical Questions and Faults // Proceedings of the 2020 6th IEEE Congress on Information Science and Technology (CiSt 2020), (05–12 June 2021). 2021. Pp. 261-266. <https://doi.org/10.1109/CiSt49399.2021.9357186>.
 47. Von Borstel F. D., Villa-Medina J. F., Gutiérrez J. Development of Mobile Robots based on Wireless Robotic Components using UML and Hierarchical Colored Petri Nets // Journal of Intelligent & Robotic Systems. 2022. Vol. 104. P. 70. <https://doi.org/10.1007/s10846-021-01549-1>.

References

1. The Large Academic Dictionary of the Russian Language: d 30 volumes / edited by K. S. Gorbachevich. Moscow–St. Petersburg, 2006. Vol. 5. 693 p. (In Russ.)
2. Bryus P., Bryus E. Practical Statistics for Data Science Specialists. St. Petersburg, 2018. 304 p. (In Russ.)
3. Buch G., Rambo D., YAKobson I. The UML Language. User's Guide: trans. from English. Moscow, 2022. 495 p. (In Russ.)
4. GOST 19.701-90. Interstate Standard. Unified System of Software Documentation. Schemes of Algorithms, Programs, Data, and Systems. Conventional Designations and Execution Rules. Moscow, 2010. Pp. 139-158. Available at: <https://protect.gost.ru/document.aspx?control=7&id=137637> (accessed: 08.09.2024). (In Russ.)
5. Zinina L. I., Petrova E. S., Ivanova I. A. Innovative and strategic decisions in the development of the educational direction "Business Informatics". *Vestnik Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Ser.: Ekonomika i upravlenie*, 2019, no. 2 (42), pp. 18-32, <https://doi.org/10.25686/2306-2800.2019.2.18>. (In Russ.)
6. Ivanova V. V., Stoyanova O. V., Lezina T. A. Mechanisms for adapting educational programs to labor market requirements: experience of the direction "Business Informatics". *Prikladnaya*

- informatika*, 2019, vol. 14, no. 5 (83), pp. 29-40, doi: 10.24411/1993-8314-2019-10034. (In Russ.)
7. Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation. Order of April 27, 2023 No. 367n. On approval of the professional standard "Systems Analyst". Ministry of Labor of Russia. Available at: <https://mintrud.gov.ru/docs/mintrud/orders/2638> (accessed: 08.09.2024). (In Russ.)
 8. Pronina Z. I. Structural components of the readiness of bachelors of the training direction "Business Informatics" for innovative activities. *Kazanskij pedagogicheskij zhurnal*, 2018, no. 3, pp. 58-61. (In Russ.)
 9. Rodina O. V., Borisov I. A. UML modeling of project management processes in the Federal Tax Service of Russia. *Pervyj ekonomicheskij zhurnal*, 2023, no. 9 (339), pp. 44-54. (In Russ.)
 10. Ushakova M. V., Gabalin A. V. Modeling of business processes in the training of bachelors in the specialty "Business Informatics" in the context of digital transformation of enterprises. *Otkrytoe obrazovanie*, 2020, vol. 24, no. 6, pp. 52-59, <https://doi.org/10.21686/1818-4243-2020-6-51-59>. (In Russ.)
 11. Alenazi M., Niu N., Savolainen J. SysML Modeling Mistakes and Their Impacts on Requirements. *Proceedings of the 2019 IEEE 27th International Requirements Engineering Conference Workshops (REW 2019), (23–27 September 2019)*, 2019, pp. 14-23, <https://doi.org/10.1109/REW.2019.00010>.
 12. Amjad A., Ul Haq S., Abbas M., Arif M.H. UML Profile for Business Process Modeling Notation. *Proceedings of the 2021 International Bhurban Conference on Applied Sciences and Technologies (IBCAST), (12–16 January 2021)*, 2021, pp. 389-394, <https://doi.org/10.1109/IBCAST51254.2021.9393223>.
 13. Apostol D.-C., Bogdan R., Marcu M. UML Diagrams in Teaching Software Engineering Classes. A Case Study in Computer Science Class. *Proceedings of the 2024 IEEE 22nd World Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), (25–27 January 2024)*, 2024, pp. 000327-000332, <https://doi.org/10.1109/SAMI60510.2024.10432905>.
 14. Beimel D., Tsoury A., Lev S.B. Identifying common and persistent errors made by novice analysts when modeling business processes using UML activity diagram: utilizing a hierarchical error classification. *Software Quality Journal*, 2023, vol. 31, pp. 1149-1178, <https://doi.org/10.1007/s11219-023-09628-2>.
 15. Cardenas H., Zimmerman R., Viesca A. R., Al Lail M., Perez A. J. Formal UML-based Modeling and Analysis for Securing Location-based IoT Applications. *Proceedings of the 2022 IEEE 19th International Conference on Mobile Ad Hoc and Smart Systems (MASS), (19–23 October 2022)*, 2022, pp. 722-723, <https://doi.org/10.1109/MASS56207.2022.00109>.
 16. Cavique L., Cavique M., Mendes A. B. Integration of UML Diagrams from the Perspective of Enterprise Architecture. Rocha Á., Adeli H., Dzemyda G., Moreira F., Ramalho Correia A. M. (eds) *Trends and Applications in Information Systems and Technologies. WorldCIST 2021. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol. 1366. Springer, Cham, 2021. Pp. 459-468. https://doi.org/10.1007/978-3-030-72651-5_44.
 17. Chren S., Buhnova B., Macak M., Daubner L., Rossi B. Mistakes in UML Diagrams: Analysis of Student Projects in a Software Engineering Course. *Proceedings of the 2019 IEEE/ACM 41st International Conference on Software Engineering: Software Engineering Education and Training (ICSE-SEET 2019), (25–31 May 2019)*, 2019, pp. 100-109, <https://doi.org/10.1109/ICSE-SEET.2019.00019>.

Professional education

18. Egorova E. I., Kurylev D. V. Modeling the Technological Process of the “Cup” Part in UML Language. *Russian Aeronautics*, 2023, vol. 66, pp. 864-870, <https://doi.org/10.3103/S1068799823040281>.
19. Elekes M., Molnár V., Micskei Z. Assessing the specification of modelling language semantics: a study on UML PSSM. *Software Quality Journal*, 2023, no. 31, pp. 575-617, <https://doi.org/10.1007/s11219-023-09617-5>.
20. Felderer M., Herrmann A. Comprehensibility of system models during test design: a controlled experiment comparing UML activity diagrams and state machines. *Software Quality Journal*, 2019, vol. 27, pp. 125-147, <https://doi.org/10.1007/s11219-018-9407-9>.
21. Foss S., Urazova T., Lawrence R. Learning UML database design and modeling with AutoER. *Proceedings of the 25th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems: Companion Proceedings (MODELS '22). (23–28 October 2022)*, 2022, pp. 42-45, <https://doi.org/10.1145/3550356.3559091>.
22. Gasheva T. S., Vlasov D. I., Otinov A. V., Datsun N. N. Validation Automation of UML Diagrams Created by Students. *Trudy ISP RAN*, 2021, vol. 33, no. 4, pp. 7-18, [https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2021-33\(4\)-1](https://doi.org/10.15514/ISPRAS-2021-33(4)-1).
23. Hammer O., Harper D. A. T., Ryan P. D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 2001, vol. 4, no. 1, pp. 1-9. Available at: http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm (accessed: 08.07.2024).
24. Häring I. Semi-Formal Modeling of Multi-technological Systems I: UML. *Technical Safety, Reliability and Resilience. Methods and Processes*. Singapore, Springer, 2021. Pp. 227-263. https://doi.org/10.1007/978-981-33-4272-9_13.
25. Huber F., Eigler T., Hagel G., Wolff C. Qualitative Requirements Elicitation of Student Requirements for Tool-supported Teaching of UML Diagrams. *Proceedings of the 5th European Conference on Software Engineering Education (ECSEE '23). (19–21 June 2023)*, 2023, pp. 189-193, <https://doi.org/10.1145/3593663.3593673>.
26. Lahon M., Sharma U. Complexity Assessment based on UML-Activity Diagram. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 2019, vol. 8, no. 2, pp. 2391-2397, <https://doi.org/10.35940/ijrte.B1596.078219>.
27. Lincke S. Planning for Secure Software Requirements and Design with UML. *Information Security Planning. A Practical Approach*. Cham, Springer, 2024. Pp. 417-445. https://doi.org/10.1007/978-3-031-43118-0_23.
28. Lopes A., Steinmacher I., Conte T. UML Acceptance: Analyzing the Students' Perception of UML Diagrams. *Proceedings of the XXXIII Brazilian Symposium on Software Engineering (SBES 2019). (23–27 September 2019)*, 2019, pp. 264-272, <https://doi.org/10.1145/3350768.3352575>.
29. Matyokurehwa K., Makoni K. T. Students' Perceptions in Software Modelling Using UML in Undergraduate Software Engineering Projects. *International Journal of Information and Communication Technology Education (IJICTE)*, 2019, vol. 15, no. 4, article no. 2, pp. 12-24, <https://doi.org/10.4018/IJICTE.2019100102>.
30. Méré M., Jouault F., Pallardy L., Perdriau R. Feedback on the formal verification of UML models in an industrial context: the case of a smart device life cycle management system. *Proceedings of the 25th International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems (MODELS '22). (23–28 October 2022)*, 2022, pp. 121-131, <https://doi.org/10.1145/3550355.3552454>.

31. OMG® Unified Modeling Language® (OMG UML®). Version 2.5.1 (with change bars). Available at: <https://www.omg.org/spec/UML/2.5.1/PDF/changebar> (accessed: 08.09.2024).
32. Ordinez L., Eggly G., Micheletto M., Santos R. Using UML for Learning How to Design and Model Cyber-Physical Systems. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje*. 2020. vol. 15, no. 1. pp. 50-60. <https://doi.org/10.1109/RITA.2020.2978416>.
33. Oxford Learner's Dictionaries. Available at: https://www.oxfordlearnersdictionaries.com/definition/english/defect_1 (accessed: 08.09.2024).
34. Pérez-Castillo R., Piattini M. Design of classical-quantum systems with UML. *Computing*. 2022. vol. 104. pp. 2375-2403. <https://doi.org/10.1007/s00607-022-01091-4>.
35. Polančič G., Cignar B. Complexity metrics for process models – A systematic literature review. *Computer Standards & Interfaces*. 2017. vol. 51. pp. 104-117. <http://dx.doi.org/10.1016/j.csi.2016.12.003>.
36. Posadas H., Vázquez J. L., Villar E. Automatic code generation from UML for data memory optimization in microcontrollers. *Proceedings of the 2023 38th Conference on Design of Circuits and Integrated Systems (DCIS). (15–17 November 2023)*. 2023. pp. 1-6. <https://doi.org/10.1109/DCIS58620.2023.10335980>.
37. Priyalakshmi G., Sidhan M., Mithilesh V., Nishanth G., Marceline J. UML Design Modeling of Smart Contracts. *Senjyu T., So-In C., Joshi A. (eds) Smart Trends in Computing and Communications. SmartCom 2023. Lecture Notes in Networks and Systems, vol. 650*. Springer, Singapore, 2023. Pp. 387-396. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0838-7_34.
38. Reuter R., Stark T., Sedelmaier Y., Landes D., Mottok J., Wolff C. Insights in Students' Problems during UML Modeling. *Proceedings of the 2020 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2020). (27–30 April 2020)*, 2020, pp. 592-600, <https://doi.org/10.1109/EDUCON45650.2020.9125110>.
39. Sanyoto A. E. A., Saputra M. C., Aknuranda I. Analyzing The Impact of UML, BPMN, and ArchiMate Integration from User Perspective. *Proceedings of the 2024 10th International Conference on Computing and Artificial Intelligence (ICCAI '24). (26–29 April 2024)*, 2024, pp. 409-414, <https://doi.org/10.1145/3669754.3669817>.
40. Semenova E., Tynchenko V., Chashchina S., Suetin V., Stashkevich A. Using UML to Describe the Development of Software Products Using an Object Approach. *Proceedings of the 2022 IEEE International IOT, Electronics and Mechatronics Conference (IEMTRONICS), (01–04 June 2022)*, 2022, pp. 1-4, <https://doi.org/10.1109/IEMTRONICS55184.2022.9795777>.
41. Silva L. F., Oliveira E. Jr, dos Santos R. P. A Field Study on Reference Architectural Decisions for Developing a UML-based Software Product Line Tool. *Proceedings of the 16th Brazilian Symposium on Software Components, Architectures, and Reuse (SBCARS '22). (3–4 October 2022)*, 2022, pp. 20-29, <https://doi.org/10.1145/3559712.3559713>.
42. Sinawang B. H., Redi A. N. P., Young M. N. Optimizing Value Proposition and Customer Engagement in Mobile Applications: Using UML with Process Chain Analysis. *Proceedings of the 2024 7th International Conference on Computers in Management and Business (ICCMB '24). (12–14 January, 2024)*, 2024, pp. 200-205, <https://doi.org/10.1145/3647782.3647813>.
43. Stramaglia A., Keiren J. J. A. Formal Verification of an Industrial UML-like Model using mCRL2. *Groote J. F., Huisman M. (eds) Formal Methods for Industrial Critical Systems. FMICS 2022. Lecture Notes in Computer Science, vol. 13487*. Springer, Cham, 2022. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15008-1_7.

Professional education

44. Van Hien N., Van He N. An Object-Oriented Model Based on the Specialization of Real-Time UML/MARTE and Hybrid Automata to Realize Industrial Hybrid Dynamic Systems. *Proceedings of the 2022 9th NAFOSTED Conference on Information and Computer Science (NICS). (31 October 2022 – 01 November 2022)*, 2022, pp. 408-413, <https://doi.org/10.1109/NICS56915.2022.10013391>.
45. Veitaite I., Lopata A. Problem Domain Example of Knowledge-Based Enterprise Model Usage for Different UML Behavioral Models Generation. *Abramowicz W., Auer S., Stróżyńska M. (eds) Business Information Systems Workshops. BIS 2021. Lecture Notes in Business Information Processing, vol. 444*. Springer, Cham, 2022. Pp. 45-55. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04216-4_5.
46. Vogel-Heuser B., Land K., Bi F. Challenges for Students of Mechanical Engineering Using UML – Typical Questions and Faults. *Proceedings of the 2020 6th IEEE Congress on Information Science and Technology (CiSt 2020), (05–12 June 2021)*, 2021, pp. 261-266, <https://doi.org/10.1109/CiSt49399.2021.9357186>.
47. Von Borstel F. D., Villa-Medina J. F., Gutiérrez J. Development of Mobile Robots based on Wireless Robotic Components using UML and Hierarchical Colored Petri Nets. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 2022, vol. 104, p. 70, <https://doi.org/10.1007/s10846-021-01549-1>.

© Дацун Н. Н., 2025

Информация об авторе

Дацун Наталья Николаевна – кандидат физико-математических наук, доцент, кафедра информационных технологий в бизнесе, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Пермь, Российская Федерация, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8560-7036>, ResearcherID: JFK-9494-2023, nndatsun@inbox.ru

Information about the author

Datsun Nataliya N. – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Department of Information Technologies in Business, HSE University, Perm, Russian Federation, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8560-7036>, ResearcherID: JFK-9494-2023, nndatsun@inbox.ru

Поступила в редакцию: 08.09.2024

Принята к публикации: 20.03.2025

Опубликована: 28.03.2025