

УДК 330.4+339.187.6

Д. В. Николаенко, канд. техн. наук¹, В. Л. Николаенко, канд. техн. наук²,
Н. В. Сучков²

1 – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

2 – Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка

АЛГЕБРОЛОГИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПОТОКА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ЛИЗИНГОВЫХ ОПЕРАЦИЙ

Цифровизация деятельности человека в экономической сфере, широкое распространение ИТ-решений актуализируют задачи автоматизации управления, в частности, при построении информационно-управляющих систем в области лизинговых операций. В работе рассматривается вопрос технологии формализации и построения математических моделей в задаче моделирования потока управления на примере системы лизинговых операций.

Ключевые слова: цифровизация, информационно-управляющие системы, объектный анализ, алгебра конечных предикатов, математическая модель сценария прецедента

Введение

Повышение эффективности работы системы, в частности экономической, неразрывно связано с введением элементов искусственного интеллекта в ее работу [1]. Разрабатываемые и используемые при этом математические модели обеспечивают субъекта управления – человека и его естественный интеллект – лишь количественными значениями элементов управления, но, в конечном итоге, не избавляют систему от человека как субъекта управления. В работе, на примере системы лизинговых операций, показана технология построения проекций системы в пространство состояний системы, позволяющих перейти к формализации задачи построения математических моделей состояний, сценариев и прецедента системы в виде уравнений алгебры конечных предикатов, решения которых ассоциированы с элементами потока управления системы.

Анализ исследований и публикаций

В настоящее время в публикациях рассматриваются вопросы построения моделей, позволяющих определять количественные характеристики элементов потока управления. Это прежде всего математические модели поведения объектов системы как модели их функциональности.

Вопросам построения математических моделей в экономике посвящены труды многих исследователей: А. А. Жданова – системный анализ [2], Е. В. Радковской – математические методы экономических исследований [3], Ю. В. Литовки – принятие решений [4], Н. М. Васильева – задачи лизинговых операций [5], М. Ф. Бондаренко – алгебро-логическое моделирование [6].

Однако проблема выведения человека из системы, как субъекта управления, недостаточно изучена и находится в стадии исследования.

Цель работы – выполнив объектный анализ системы, построить проекции системы в пространство ее состояний с целью дальнейшей формализации и построения математических моделей состояний, сценариев и прецедента систем в виде уравнений алгебры конечных предикатов, ассоциировав их решение с элементами потока управления.

Изложение основного материала исследования

В результате объектного анализа получена диаграмма состояний системы для сценария «Финансовый лизинг» и используемая в дальнейшем для демонстрации технологии формализации задачи построения математической модели сценария «Финансовый лизинг».

В качестве математического аппарата моделирования состояний системы, сценариев и рассматриваемого прецедента системы выбрана алгебра конечных предикатов [6].

Постановка задачи

Имеется множество состояний системы, как совокупность состояний объектов системы – начального состояния объекта, активного, пассивного и конечного состояния.

Предполагается, что система может пребывать в своем состоянии сколь угодно долго.

Также предполагается, что существует сколь угодно малый промежуток времени, когда система завершила предыдущее состояние и еще не вошла в новое состояние.

Построим математические модели состояний системы сценария прецедента в виде уравнений алгебры конечных предикатов.

Формализация задачи и построение математической модели.

Сценарий «Финансовый лизинг».

Ниже, на рисунке, приведена диаграмма состояний системы сценария «Финансовый лизинг».



Рисунок – Диаграмма состояний системы. Сценарий «Финансовый лизинг»

Для рассматриваемого сценария введем множество букв (алфавит букв):

$$A = \{a_{1,1}, a_{1,2}, \dots, a_{1,n}, a_{2,1}, a_{2,2}, \dots, a_{2,n}, \dots, a_{n,1}, a_{n,2}, \dots, a_{n,m}\}.$$

Где первый индекс – это номер объекта, а второй индекс – это номер состояния системы, n – число объектов сценария ($n = 5$), m – число состояний системы ($m = 11$).

Содержательная интерпретация состояний объектов сценария:

- $a_{1,1}$ – состояние подачи заявки на приобретение имущества;
- $a_{4,1}$ – состояние заключения о платежеспособности лизингополучателя;

- $a_{4,2}$ – состояние заказа на приобретение имущества;
- $a_{5,2}$ – состояние приема заказа на приобретение имущества;
- $a_{2,3}$ – состояние выдачи банковской ссуды;
- $a_{4,3}$ – состояние получения банковской ссуды;
- $a_{4,4}$ – состояние подписания договора купли-продажи;
- $a_{5,4}$ – состояние подписания договора купли-продажи;
- $a_{4,5}$ – состояние оплаты поставки;
- $a_{5,5}$ – состояние передачи имущества;
- $a_{1,6}$ – состояние подписания лизингового соглашения;
- $a_{4,6}$ – состояние подписания лизингового соглашения;
- $a_{1,7}$ – состояние приема имущества;
- $a_{4,7}$ – состояние передачи имущества;
- $a_{1,8}$ – состояние подписания договора страхования.

Аналогично проводится содержательная интерпретация остальных элементов алфавита букв алгебры предикатов [6].

Введем множество переменных соответственно объектам сценария. В рассматриваемом сценарии пять объектов: «Лизингополучатель», «Банк», «Страховая компания», «Лизингодатель», «Поставщик», следовательно, $n = 5$.

$$X = \{x_1, x_2, x_3, x_4, x_5\}.$$

Исходя из диаграммы состояний системы рассматриваемого сценария, для активных состояний объектов системы составим конъюнкцию предикатов узнавания состояний объектов для каждого состояния системы и, приравняв ее к единице, получим математические модели состояний системы в виде уравнений (1) алгебры конечных предикатов.

$$\begin{aligned}
 x_1^{a_{1,1}} \wedge x_4^{a_{4,1}} &= 1, \\
 x_4^{a_{4,2}} \wedge x_5^{a_{5,2}} &= 1, \\
 x_2^{a_{2,3}} \wedge x_4^{a_{4,3}} &= 1, \\
 x_4^{a_{4,4}} \wedge x_5^{a_{5,4}} &= 1, \\
 x_4^{a_{4,5}} \wedge x_5^{a_{5,5}} &= 1, \\
 x_1^{a_{1,6}} \wedge x_4^{a_{4,6}} &= 1, \\
 x_1^{a_{1,7}} \wedge x_4^{a_{4,7}} &= 1, \\
 x_1^{a_{1,8}} \wedge x_3^{a_{3,8}} &= 1, \\
 x_1^{a_{1,9}} \wedge x_4^{a_{4,9}} &= 1, \\
 x_2^{a_{2,10}} \wedge x_4^{a_{4,10}} &= 1, \\
 x_1^{a_{1,11}} \wedge x_4^{a_{4,11}} &= 1.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Для активных состояний объектов выполним содержательное ассоциирование показателей узнавания предикатов (как элементов потока управления) с элементами потока событий:

- $a_{1,1}$ – подать заявку на приобретение имущества;
- $a_{4,1}$ – рассчитать платежеспособность лизингополучателя;

- $a_{4,2}$ – сделать заказ на приобретение имущества;
- $a_{5,2}$ – принять заказ на приобретение имущества;
- $a_{2,3}$ – выдать банковскую ссуду;
- $a_{4,3}$ – получить банковскую ссуду;
- $a_{4,4}$ – подписать договор купли-продажи;
- $a_{5,4}$ – подписать договор купли-продажи;
- $a_{4,5}$ – оплатить поставку;
- $a_{5,5}$ – передать имущество;
- $a_{1,6}$ – подписать лизинговое соглашение;
- $a_{4,6}$ – подписать лизинговое соглашение;
- $a_{1,7}$ – принять имущество;
- $a_{4,7}$ – передать имущество;
- $a_{1,8}$ – подписать договор страхования.

Аналогично, для остальных показателей узнавания, выполняется содержательное ассоциирование показателей узнавания предикатов (как элементов потока управления) с элементами потока событий.

Получим решение уравнений (1) путем приведения дизъюнктивных нормальных форм (ДНФ) левых частей уравнений к совершенным ДНФ (СДНФ), используя тождества алгебры конечных предикатов [6].

Обратим внимание на то, что $a_{1,2} \equiv a_{1,3} \equiv a_{1,4} \equiv a_{1,5} \equiv a_{1,10} \equiv a_{1,0}$ есть пассивные состояния объекта «Лизингополучатель». Аналогичные тождества будут иметь место и для других объектов системы, например, для объекта «Банк» будем иметь $a_{2,1} \equiv a_{2,2} \equiv a_{2,4} \equiv a_{2,5} \equiv a_{2,6} \equiv a_{2,7} \equiv a_{2,8} \equiv a_{2,9} \equiv a_{2,11} \equiv a_{2,0}$. Под $a_{1,0}$, $a_{2,0}$, ... понимаем пассивные состояния объектов.

Анализируя диаграмму состояний системы, также заметим, что, например, для первого состояния системы состояния $a_{1,6}$, $a_{1,7}$, $a_{1,8}$, $a_{1,9}$, $a_{1,11}$ объекта «Лизингополучатель» следует рассматривать как пассивные, так как, исходя из физического смысла задачи, можно заключить, что объект «Лизингополучатель» системы в ее первом состоянии может быть только в состоянии $a_{1,1}$ и не может одновременно находиться в состоянии $a_{1,6}$.

Таким образом, конъюнктивные члены СДНФ будут равны нулю, так как $x_1 \neq a_{1,3}$, а возможно лишь равенство $x_1 = a_{1,1}$.

С учетом сказанного, СДНФ для первого уравнения из (1) будет иметь вид: $x_1^{a_{1,1}}, x_2^{a_{2,1}}, x_3^{a_{3,1}}, x_4^{a_{4,1}}, x_5^{a_{5,1}}$, и решение есть набор показателей узнавания $a_{1,1}$, $a_{2,1}$, $a_{3,1}$, $a_{4,1}$, $a_{5,1}$.

Аналогично можно получить СДНФ левых частей остальных уравнений (1).

Состояние	СДНФ	Решение
1	$x_1^{a_{1,1}}, x_2^{a_{2,1}}, x_3^{a_{3,1}}, x_4^{a_{4,1}}, x_5^{a_{5,1}}$	$a_{1,1}, a_{2,1}, a_{3,1}, a_{4,1}, a_{5,1}$
2	$x_1^{a_{1,2}}, x_2^{a_{2,2}}, x_3^{a_{3,2}}, x_4^{a_{4,2}}, x_5^{a_{5,2}}$	$a_{1,2}, a_{2,2}, a_{3,2}, a_{4,2}, a_{5,2}$
3	$x_1^{a_{1,3}}, x_2^{a_{2,3}}, x_3^{a_{3,3}}, x_4^{a_{4,3}}, x_5^{a_{5,3}}$	$a_{1,3}, a_{2,3}, a_{3,3}, a_{4,3}, a_{5,3}$
4	$x_1^{a_{1,4}}, x_2^{a_{2,4}}, x_3^{a_{3,4}}, x_4^{a_{4,4}}, x_5^{a_{5,4}}$	$a_{1,4}, a_{2,4}, a_{3,4}, a_{4,4}, a_{5,4}$
5	$x_1^{a_{1,5}}, x_2^{a_{2,5}}, x_3^{a_{3,5}}, x_4^{a_{4,5}}, x_5^{a_{5,5}}$	$a_{1,5}, a_{2,5}, a_{3,5}, a_{4,5}, a_{5,5}$
6	$x_1^{a_{1,6}}, x_2^{a_{2,6}}, x_3^{a_{3,6}}, x_4^{a_{4,6}}, x_5^{a_{5,6}}$	$a_{1,6}, a_{2,6}, a_{3,6}, a_{4,6}, a_{5,6}$

7	$x_1^{a_{1,7}}, x_2^{a_{2,7}}, x_3^{a_{3,7}}, x_4^{a_{4,7}}, x_5^{a_{5,7}}$	$a_{1,7}, a_{2,7}, a_{3,7}, a_{4,7}, a_{5,7}$
8	$x_1^{a_{1,8}}, x_2^{a_{2,8}}, x_3^{a_{3,8}}, x_4^{a_{4,8}}, x_5^{a_{5,8}}$	$a_{1,8}, a_{2,8}, a_{3,8}, a_{4,8}, a_{5,8}$
9	$x_1^{a_{1,9}}, x_2^{a_{2,9}}, x_3^{a_{3,9}}, x_4^{a_{4,9}}, x_5^{a_{5,9}}$	$a_{1,9}, a_{2,9}, a_{3,9}, a_{4,9}, a_{5,9}$
10	$x_1^{a_{1,10}}, x_2^{a_{2,10}}, x_3^{a_{3,10}}, x_4^{a_{4,10}}, x_5^{a_{5,10}}$	$a_{1,10}, a_{2,10}, a_{3,10}, a_{4,10}, a_{5,10}$
11	$x_1^{a_{1,11}}, x_2^{a_{2,11}}, x_3^{a_{3,11}}, x_4^{a_{4,11}}, x_5^{a_{5,11}}$	$a_{1,11}, a_{2,11}, a_{3,11}, a_{4,11}, a_{5,11}$

Полученные решения уравнений (1) с содержательной точки зрения следует рассматривать как набор элементов потока управления, реализация которого переводит систему из одного ее состояния в другое.

Для построения математической модели сценария введем множество букв:

$$C = \{c_{1,1}, c_{1,2}, \dots, c_{1,k}, c_{2,1}, c_{2,2}, c_{2,k}, \dots, c_{m,1}, \dots, c_{m,2}, \dots, c_{m,k}\}.$$

Где первый индекс – это номер состояния системы, а второй индекс – это номер сценария.

Если число состояний системы в различных сценариях различно, тогда сценарии с меньшим числом состояний следует дополнить необходимым числом пассивных состояний системы до числа состояний системы сценария с максимальным их числом.

Введем множество переменных в количестве, равном числу состояний сценария с максимальным их числом:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_m\}.$$

Запишем конъюнкции предикатов узнавания для сценария системы, в которых показатель узнавания предиката есть состояние системы, и, приравняв к единице полученные конъюнкции, получим математические модели сценария системы прецедента:

$$\begin{aligned} x_1^{c_{1,1}} \wedge x_2^{c_{2,1}} \wedge \dots \wedge x_m^{c_{m,1}} &= 1; \\ \dots \\ x_1^{c_{1,k}} \wedge x_2^{c_{2,k}} \wedge \dots \wedge x_m^{c_{m,k}} &= 1. \end{aligned}$$

Заметим, что левые части этих уравнений есть конституэнты единицы, следовательно, показатели узнаваний предикатов есть решения этих уравнений, которые с содержательной точки зрения есть элементы производного потока управления – потока управления состояниями системы. В то время как исходным потоком управления следует считать поток, элементы которого определяются состояниями объектов системы.

Содержательная интерпретация состояний системы сценария «Финансовый лизинг»:

- $c_{1,1}$ – состояние подачи заявки на приобретение имущества;
- $c_{2,1}$ – состояние заказа на приобретение имущества;
- $c_{3,1}$ – состояние получения банковской ссуды;
- $c_{4,1}$ – состояние подписания договора купли-продажи;
- $c_{5,1}$ – состояние оплаты поставки;
- $c_{6,1}$ – состояние подписания лизингового соглашения;
- $c_{7,1}$ – состояние приема имущества в эксплуатацию;
- $c_{8,1}$ – состояние подписания договора о страховании;
- $c_{9,1}$ – состояние оплаты лизинговых платежей;

- $c_{10,1}$ – состояние возврата ссуды;
- $c_{11,1}$ – состояние продажи имущества.

Для построения модели прецедента образуем дизъюнкцию полученных конъюнкций и, приравняв ее к единице, получим модель в виде уравнения алгебры конечных предикатов как совокупность моделей состояний системы по всем сценариям прецедента:

$$(x_1^{c_{1,1}} \wedge x_2^{c_{2,1}} \wedge, \dots, \wedge x_m^{c_{m,1}}) \vee (x_1^{c_{1,2}} \wedge x_2^{c_{2,2}} \wedge, \dots, \wedge x_m^{c_{m,2}}) \vee, \dots, \vee (x_1^{c_{1,k}} \wedge x_2^{c_{2,k}} \wedge, \dots, \wedge x_m^{c_{m,k}}) = 1.$$

При этом конъюнктивные члены левой части уравнения есть конститутенты единицы и, следовательно, показатели узнаваний предикатов есть решения уравнения, содержательная интерпретация которых состоит в том, что реализация прецедента возможна по любому одному из допустимых сценариев.

Заключение

В работе, на примере системы лизинговых операций, показана технология построения проекций системы в пространство состояний системы, позволяющих перейти к формализации задачи построения математических моделей состояний, сценариев и прецедента системы в виде уравнений алгебры конечных предикатов, решения которых ассоциированы с элементами потока управления системы и допускающими их автоматическую реализацию на основе алгоритмически реализуемых математических методов решения.

Список литературы

1. Человек и системы искусственного интеллекта / В. А. Лекторский, С. Н. Васильев, В. Л. Макаров [и др.] ; под редакцией В. А. Лекторского. – Санкт-Петербург : Юридический центр, 2022. – 328 с. – ISBN 978-5-94201-835-1.
2. Жданов, А. А. Общая теория систем: анализ и дополнения : [электронное издание] / А. А. Жданов. – Москва : Лаборатория знаний, 2024. – 192 с. – ISBN 978-5-93208-884-5. – URL: https://www.litres.ru/book/a-a-zhdanov-2/obschaya-teoriya-sistem-analiz-i-dopolneniya-70206619/?lfrom_processed=477110899. – Текст : электронный.
3. Радковская, Е. В. Математические методы экономических исследований / Е. В. Радковская, О. С. Запороженченко. – Текст : электронный // ВІ-технології та корпоративні інформаційні системи в оптимізації бізнес-процесів цифрової економіки : матеріали Х Міжнародної науково-практичної очно-заочної конференції, Екатеринбург, 2 декабря 2022 г. – Екатеринбург : Уральский государственный экономический университет, 2023. – С. 103–105. – EDN MFGFVD. – URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=53727701>.
4. Литовка, Ю. В. Системы поддержки принятия решений / Ю. В. Литовка, Д. С. Соловьев, А. Д. Обухов. – Тамбов : Тамбовский государственный технический университет : ЭБС АСВ, 2023. – 80 с. – ISBN 978-5-8265-2550-0.
5. Васильев, Н. М. Лизинг как механизм развития инвестиций и предпринимательства / Н. М. Васильев, С. Н. Катырин, Л. Н. Лебе. – Москва : ДеКА, 2019. – 280 с.
6. Бондаренко, М. Ф. Теория интеллекта / М. Ф. Бондаренко, Ю. П. Шабанов-Кушнаренко. – Харьков : Компания СМІТ, 2006. – 576 с.

Д. В. Николаенко¹, В. Л. Николаенко², Н. В. Сучков²

1 – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

2 – Автомобильно-дорожный институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Донецкий национальный технический университет» в г. Горловка

Алгебрологические модели потока управления системы лизинговых операций

Проблема внедрения инновационных решений в экономике является актуальной, когда проверенные годами инструменты ведения бизнеса становятся менее эффективными, необходимо прибегать к применению новых способов хозяйствования. Одним из таких инструментов является лизинг, который может стать альтернативой арендных отношений. Исследованием феномена лизинга занимались многие научные школы. Выработаны различные подходы к решению задач этой области.

Цифровизация деятельности человека в экономической сфере, широкое распространение IT-решений актуализируют задачи автоматизации управления, в частности, при построении информационно-управляющих систем в области лизинговых операций.

В настоящее время развитие инфраструктуры информатики позволяет по-новому посмотреть на эту проблему, применить для анализа лизинговых отношений методы объектного анализа, объектно-ориентированного проектирования и программирования. Представление субъектов лизинговых отношений в качестве виртуальных сущностей позволит добиться более глубокой автоматизации управления.

В результате исследования построены модели состояний системы лизинговых операций, модели сценариев прецедентов с целью получения элементов потока управления, автоматизирующих функцию интеллекта человека.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке информационно-управляющих экономических систем.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ, ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ, ОБЪЕКТНЫЙ АНАЛИЗ, АЛГЕБРА КОНЕЧНЫХ ПРЕДИКАТОВ, МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СЦЕНАРИЯ ПРЕЦЕДЕНТА

D. V. Nikolaenko¹, V. L. Nikolaenko², N. V. Suchkov²

1 – Federal State Budget Educational Institution of Higher Education

«Donetsk national technical university», Donetsk

2 – Automobile and Road Institute (Branch) of the Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Donetsk National Technical University» in Gorlovka

Algebraic Models of Control Flow for Leasing Operations Systems

The problem of introducing innovative solutions in the economy is relevant when time-tested business tools become less effective and it is necessary to resort to the use of new business methods. One of such instruments is leasing, which can become an alternative to rental relations. Many scientific schools studied the phenomenon of leasing. Various approaches to solving problems in this area are developed.

Digitalization of human activity in the economic sphere and the widespread use of IT solutions make management automation tasks relevant, in particular, when building information management systems in the field of leasing operations.

Currently, the development of the computer science infrastructure makes it possible to take a fresh look at this problem and to apply the methods of object analysis, object-oriented design and programming to analyze leasing relations. Representing the subjects of leasing relations as virtual entities will allow for deeper automation of management.

As a result of the study, models of the states of the leasing operations system and models of the case studies are constructed with the aim of obtaining elements of the control flow that automate the function of human intelligence.

The obtained results can be used in the development of information and management economic systems.

DIGITIZATION, CONTROL INFORMATION SYSTEMS, OBJECT ANALYSIS, FINITE PREDICATE ALGEBRA, CASE STUDY MATHEMATICAL MODEL

Сведения об авторах:

Д. В. Николаенко

Телефон: +7 949 356-13-90

В. Л. Николаенко

Телефон: +7 949 356-13-92

Эл. почта: nikvl1951@yandex.ru

Н. В. Сучков

Телефон: +7 949 356-13-92

Статья поступила 11.11.2024

© Д. В. Николаенко, В. Л. Николаенко, Н. В. Сучков, 2024

Рецензент: Л. П. Вовк, д-р техн. наук, проф.,

*Автомобильно-дорожный институт
(филиал) ДонНТУ в г. Горловка*