

УДК 65.011.56

**ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ  
УПРАВЛЕНИИ ОБЪЕКТОМ НЕДВИЖИМОСТИ НА ОСНОВЕ  
ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ****Напольских Илья Владиславович,**аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова,  
Россия, 426069, г. Ижевск, ул. Студенческая, 7, email: bagaga53@gmail.com**Аннотация**

Статья посвящена проблемам разработки системы поддержки принятия решений для объектов недвижимости на протяжении жизненного цикла. Рассматривается история управления недвижимостью в мире. Приводится список ученых, которые выпускали труды по системам поддержки принятия решений и системному анализу. Приводится теоретическая модель системы поддержки принятия решения для управления недвижимостью. Проанализированы возможные случаи применения системы поддержки принятия решений на этапах жизненного цикла объекта недвижимости.

**Ключевые слова:** недвижимость, менеджмент, жизненный цикл, информационные технологии, система поддержки принятия решений, строительство

**INCREASING THE EFFICIENCY OF DECISION-MAKING IN THE  
MANAGING A REAL ESTATE BASED ON THE USE OF DECISION  
SUPPORT SYSTEMS****Ilya V. Napolskikh,**post-graduate student, Izhevsk State Technical University named after M. T. Kalashnikov, Russia,  
426069, Izhevsk, st. Studenckaya, 7, email: bagaga53@gmail.com**ABSTRACT**

The article is devoted to the problems of developing a decision support system for real estate objects throughout the life cycle. The history of real estate management in the world is considered. A list of scientists who published works on decision support systems and system analysis is given. A theoretical model of a decision support system for real estate management is presented. Possible cases of application of the decision support system at the stages of the life cycle of a real estate object are analyzed.

**Keywords:** real estate, management, life cycle, information technology, decision support system, construction

## **Введение**

Институт управления объектами недвижимости имеет значительную историю развития начиная с XV -XVI вв., когда в Англии было утверждено понятие «Сервейинг». За прошедшие века наука управления недвижимостью получила значительное развитие, систематизацию и сложную организационно-техническую структуру [1]. Управление объектами недвижимости требует значительных познаний в менеджменте, экономике и строительных технологиях, поэтому можно отметить нехватку профессиональных кадров в данной сфере. По причине ошибок в управлении из-за отсутствия необходимых знаний, данных об объекте и присутствия человеческого фактора возникают финансовые потери компании. За последние десятилетия во все сферы существования человека активно внедряются информационные технологии. Не стал исключением и процесс управления объектами недвижимостью, где внедряются информационные модели зданий и сооружений, ведется кадастровый учет при помощи геоинформационных систем. Главным преимуществом информационных технологий можно назвать возможности обработки огромных массивов данных за короткий срок и исключение человеческого фактора из процесса анализа и принятия решений. Поэтому в наше время одним из приоритетных направлений исследования в области управления объектами недвижимости можно назвать внедрение информационных технологий. В частности, актуально рассмотрение методов и алгоритмов обработки данных, идентификации и поддержки принятия решений при управлении объектом недвижимости [2].

В приведенной статье рассматривается возможность применения систем поддержки принятия решений при управлении объектами недвижимости на протяжении его жизненного цикла. Стоит рассмотреть ситуации, при которых применение СППР является более рациональным, чем следование только экспертному мнению лица, принимающего решение. Для этого необходимо разделить жизненный цикл объекта на составляющие, перечислить ситуации, где возможны различные варианты действий, а достоверность данных не всегда подтверждена.

Данная тема раскрывалась ранее в работе «Облачная система автоматизации управления и эксплуатации недвижимости «Один»» авторов Д. Д. Иванов, Е. Д. Иванова. Предложенные ими алгоритмы и методы работы с данными позволяют хранить, обрабатывать и анализировать данные при управлении недвижимостью, но они не предполагают предоставление возможных вариантов действий с объектом управления [3].

## **Цель исследования**

Целью исследования является повышение эффективности процесса принятия управленческих решений в системах, функционирующих в условиях неопределённости информации за счет разработки информационно-аналитического инструментария поддержки принятия решений [4]. Под эффективностью понимается объем финансовых вложений на протяжении определённого срока эксплуатации объекта недвижимости.

## **Материалы и методы исследования**

Для достижения этой цели предполагается создать систему поддержки принятия решений при управлении объектом недвижимости. Предполагается постоянное дополнение модели информацией, как с самого объекта, так и аналитической информацией о ситуации на рынке. Поскольку информация не имеет абсолютной точности, в основе разработки модели применены методы нечетких множеств, генетических вычислений и нейронных сетей. Данные методы позволяют предоставлять решения, не основываясь на четких числах, с определенным значением погрешностей, которые со временем уменьшаются, за счет корректировки расчетов самой системой.

## **Результаты и их обсуждение**

В качестве теоретической модели предполагается создать классификацию предполагаемых проблем при управлении, привести перечень возможных вмешательств в процесс, и создать список критериев по отбору наиболее адекватного варианта вмешательства. После перечисленных действий в ход вступает гибридный подход вычисления вариантов решения [5].

Недавняя тенденция, которой следуют при проектировании интеллектуальных систем, состоит в сочетании нескольких методологий, применяемых в различных обстоятельствах; в частности, стремление доказать пригодность гибридного подхода к проектированию и реализации интеллектуальной системы [6]. Гибридная архитектура состоит из механизма обработки информации, действия которой определяются на основе нечетких рассуждений, выполняемых генетическими вычислениями и информацией, собранной в процессе обучения. Генетические

вычисления — это мощный метод оптимизации, который позволяет выполнять рандомизированный глобальный поиск в пространстве решений. Генетический алгоритм моделирует эволюционный процесс набора «индивидуумов» во времени. Генетический алгоритм работает с популяцией хромосом фиксированного размера, т.е. с последовательностью генов, которая представляет собой кодировку возможного решения.

Аллель — это значение, принятое геном. С каждой хромосомой связано значение пригодности, которое находится путем оценки оптимальности решения, представленного хромосомой. Функция пригодности разработана таким образом, чтобы хромосомы, представляющие лучшие решения — кандидаты, имели лучшую пригодность. Лучшая приспособленность определяет способность хромосомы выживать и производить потомство, чтобы получить лучших кандидатов для окончательного решения.

Способность к обучению интеллектуальной гибридной системы может быть достигнута за счет использования нейронных сетей. Нейронные сети представляют собой фундаментальную попытку воспроизвести искусственный интеллект, имитирующий вычислительное выполнение функций нервных клеток. Этот подход принят в качестве вычислительного инструмента, который можно обучить для изучения закономерностей на примерах. Начиная с сеанса обучения, с выборками, состоящими из входных и выходных данных задачи, и подходящей техникой спуска по градиенту (такой как знаменитый алгоритм обратного распространения), нейронная сеть действует как обучаемый с учителем, который выполняет локальную оптимизацию.

Несмотря на то, что комбинация этих двух стратегий была успешно доказана в большом количестве приложений, очень часто для проектирования эффективной системы необходимо учитывать еще один важный фактор: плохое определение или неточное представление решаемой проблемы. Фактически, в реальных задачах, характеризующихся большим размером пространства решения, мы осознаем огромную трудность или невозможность создания полной и точной модели, способной в точности воспроизвести все особенности задачи. С другой стороны, когда вся информация может быть предоставлена точно, стоимость определения полной модели также становится высокой. В обоих случаях подход к приближенным методам рассуждений, таким как нечеткая логика, представляет собой ключевую проблему для проектирования систем, способных правильно обрабатывать несовершенные данные [7].

Необходимо разработать систему, которая может выводить знания в виде правил условного действия из входной информации о данных об объекте недвижимости. Данная система состоит из 3 основных алгоритмов работы с информацией, которые базируются на системе классификаторов, алгоритмах обучения программы по выбору оптимальных решений и применении нечеткой логики при систематизации решений.

Система классификаторов — это разновидность системы, основанной на правилах, с общими механизмами параллельной обработки правил, адаптивной генерации новых правил и проверки эффективности существующих правил. Системы классификаторов обеспечивают структуру, в которой совокупность правил, закодированных в виде битовых строк, развивается на основе заданных стимулов и подкрепления из окружающей среды. Система запоминает, какие реакции являются подходящими при предъявлении стимула. Правила в системе классификатора формируют совокупность индивидуумов, эволюционирующих с течением времени.

Система классификаторов состоит из следующих компонентов:

1. Детектор входного интерфейса и выходной интерфейс.
2. Система сообщений (входные, выходные и внутренние списки сообщений).
3. Система правил (список классификаторов).
4. Распределение кредитной системы.
5. Генетическая процедура (воспроизведение классификаторов).

В любой момент времени список сообщений содержит нуль или более сообщений (входных, выходных и внутренних сообщений), отправленных из внешних источников и принятых детекторами системы классификатора. Каждое сообщение имеет одну и ту же простую структуру: строка фиксированной длины  $L$ , составленная из двоичного алфавита  $\{0, 1\}$ . Список

классификаторов состоит из одного или нескольких классификаторов (условно-действующих правил) вида. Схема работы гибридной системы приведена в рисунке 1.

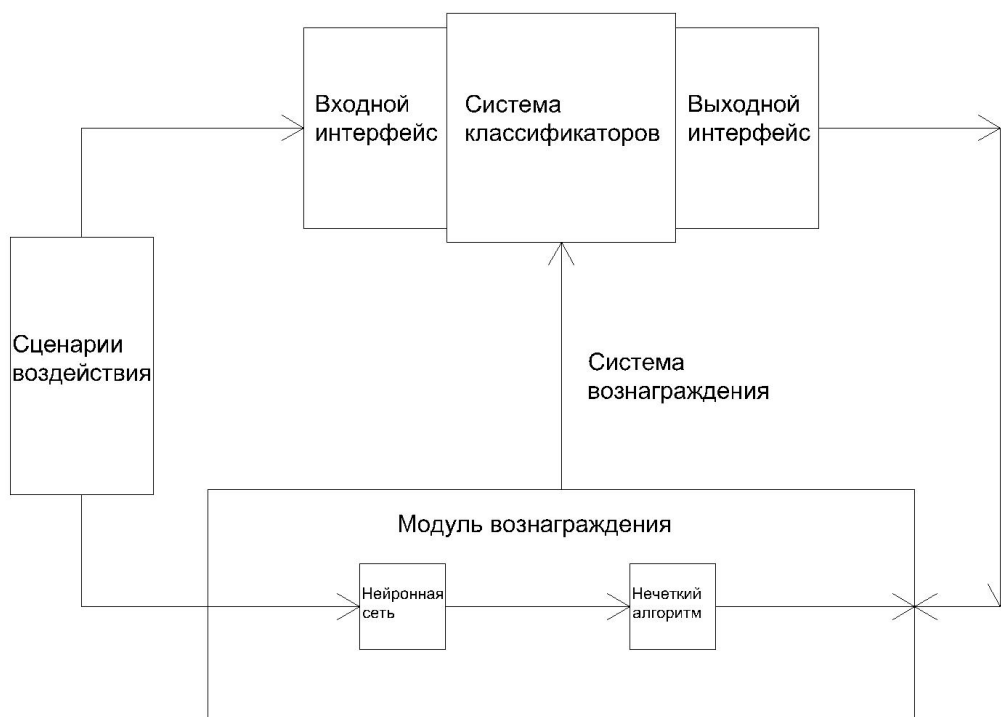


Рисунок 1. Гибридная система поддержки принятия решения

Условие составляет часть условия классификатора, а действие — часть действия. Каждое условие и действие состоят из строки фиксированной длины  $L$  (т. е. той же длины, что и строки сообщений), составленной из третичного алфавита  $\{0, 1, \#\}$ . Каждое сообщение в списке сообщений может удовлетворять части условия одного или нескольких классификаторов, в частности, строка условия  $cond_i$  соответствует любому сообщению в списке сообщений, в котором 0 и 1 находятся точно в тех же позициях, что и 0 и 1 в списке сообщений. Строка условия, где «а» в строке условия считается «подстановочным знаком», который может соответствовать 0 или 1. Условная часть классификатора выполняется, когда каждое из его условий  $cond_i$ ,  $i = 1 \dots n$ , соответствует некоторому сообщению в списке сообщений. Когда часть условия классификатора удовлетворяется, классификатор становится активным, т. е. его часть действия создает одно или несколько новых сообщений, которые будут помещены в список сообщений на следующем временном шаге. Эти новые сообщения могут активировать другие классификаторы или могут быть выходными сообщениями, которые могут быть декодированы интерфейсами системы и возвращены в окружающую среду. На рисунке 2 приводится схема работы системы классификатора с окружающей средой.

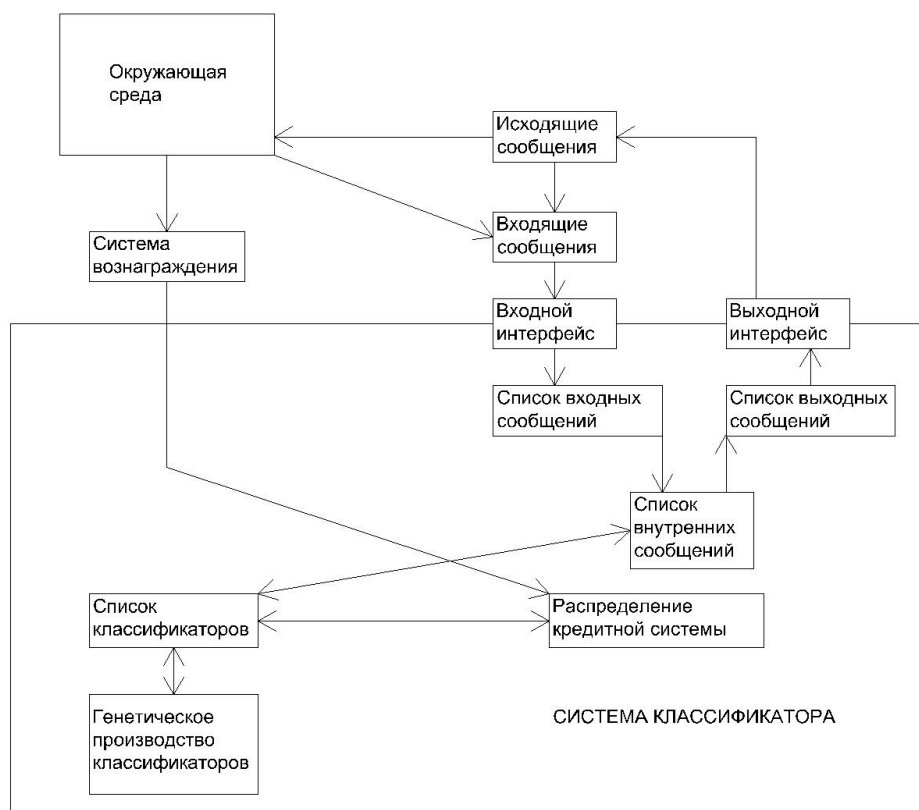


Рисунок 2. Детализированная схема системы классификатора и его окружающей среды.

Для обучения системы классификаторов применяются два способа:

1. Создать дополнительный параметр, который будет активировать нужные классификаторы из фиксированного списка.
2. Редактировать список классификаторов с учетом ситуации.

Конкуренция необходима для того, чтобы выборочно активировать только часть классификаторов, удовлетворяющих сообщениям. Каждый классификатор, часть условия которого удовлетворена, делает ставку: участники, предложившие самую высокую цену, могут отправить свое сообщение. На самом деле выбор классификаторов для активации производится вероятностно на основе значений ставок каждого классификатора. Ставка классификатора зависит от двух факторов:

$$\text{Ставка} = k \times \text{сила} \times \text{специфичность}$$

где  $k$  – константа пропорциональности, одинаковая для всех классификаторов, сила – мера полезности классификатора для системы, а специфичность – количество единиц и нулей в условной части (мера релевантности к конкретной ситуации). Как следствие, самые сильные и конкретные классификаторы, скорее всего, активируются. Алгоритм распределения кредитной системы затем используется для распределения силы классификаторов, которые обеспечивают полезное поведение системы. В основе такого алгоритма лежит информация, связанная с оценкой поведения системы. Простой способ предоставить системе эту информацию – вознаграждение. Каждый раз, когда система классификаторов достигает положительные результаты, которые оцениваются окружающей средой, она получает вознаграждение, а когда она не достигает результатов, то получает наказание или ничего (обучение с подкреплением).

Цель генетического алгоритма состоит в том, чтобы создать новый классификатор, когда в исходном списке классификаторов отсутствуют некоторые ключевые классификаторы. Система классификаторов функционирует в генетическом алгоритме следующим образом:

1. Выбор нескольких классификаторов в качестве родителей. Вероятность выбора классификатора пропорциональна его силе.
2. Применение генетических операторов к этим родителям, чтобы изменить их.

3. Выбор классификаторов, которых нужно заменить, и замена их классификаторами, созданными в ходе шага 2.

Таким образом, можно создать и проверить новые классификаторы, не теряя опыта, накопленного их родителями.

Основной цикл работы системы можно резюмировать следующим образом:

1. Получение из внешней среды сообщения: детекторы системы кодируют его и помещают в текущий список сообщений.

2. Сравнение всех сообщений с условными частями всех классификаторов.

3. Вычисление ставки соответствующих классификаторов, выполнение соревнования между классификаторами ставок и выбор победителей.

4. Создание новых сообщений из активированных классификаторов.

5. Системные эффекторы посылают сообщения в окружающую среду.

6. Система получает награды.

7. Запускается алгоритм распределения вознаграждения.

8. Генетические алгоритмы запускаются для поиска новых полезных классификаторов.

Модуль вознаграждения функционирует за счет применения нечеткой логики для упорядочения полученных данных. Создается функция принятия решений, которая присваивает каждому предложенному решению оценку.

Используются следующие обозначения.

$\{S\}$  – это конечное множество оценок или чисел из интервала  $[0, 1]$ .

$\{X\}$  – это набор предполагаемых вмешательств.

$Y = \{A_1, \dots, A_p\}$  – набор критериев, которым необходимо удовлетворить.

$A_1(x) \in S$  указывает степень, в которой  $x$  удовлетворяет критерию, заданному  $A_1$ .

$G$  является нечетким подмножеством  $Y$ , в котором  $G(A_1) \in S$  указывает вес критериев  $A_1$ . Для простоты пусть  $G(A_i) = b_i$ .

$D(x)$  – решающая функция, определяющая степень, в которой  $x$  удовлетворяет каждому критерию в  $Y$ .

$\cup (\vee)$  является оператором множества дизъюнкции (который эквивалентен оператору Max).

$\cap (\wedge)$  является оператором множества конъюнкции (который эквивалентен оператору Min).

Общая форма для этого типа решающей функции, которая включает относительный вес каждого критерия будет выглядеть следующим образом:

$$D(x) = M(A_1(x), b_1); M(A_2(x), b_2) \dots M(A_p(x), b_p) \quad (1)$$

где  $M(A_i(x), b_i)$  указывает критерий  $A_i$ , оцениваемый при вмешательстве  $x_i$ , модифицированный его весом  $b_i$ . Для вычисления  $M(A_i(x), b_i)$  используется следующая импликация, если  $S$  – конечное линейно упорядоченное множество:

$$M(A_i(x), b_i) = b'_i \cup A_i(x) \quad (2)$$

где  $b'_i$  – исключение  $b_i$  из этой модели, поскольку  $b_i \in S$  – конечное линейно упорядоченное множество, исключение определяется следующим образом: пусть  $S = \{S_0, S_1, \dots, S_n\}$ , где  $I > j$  влечет  $s_i > s_j$ . Затем

$$S'_i = S_{n-i} \quad (3)$$

Следовательно, набор решений будет выглядеть как:

$$D(x) = [b'_1 \cup A_1(x)] \cap \dots \cap [b'_p \cup A_p(x)]$$

в упрощенном варианте:

$$D(x) = \bigcap_{i=1}^p C_i(x) \quad (4)$$

Где

$$C_i(x) = b'_i \cup A_i(x) \quad (5)$$

Таким образом

$$D(x) = \text{Min}[C_1(x), C_2(x), \dots, C_p(x)] = \text{Min}_{i=1 \dots p} C_i(x) \quad (6)$$

Решение (тройка вмешательств) находится в порядке убывания на основе значений  $D(x)$ . Если у нас есть ничья, т. е. существуют  $x$ ,  $y$  такие, что  $D(x) = D(y)$ , то существуют  $k$  и  $g$  такие, что

$$C_k(x) = D(x), C_g(y) = D(y)$$

Что позволяет вывести следующие уравнения

$$D'(x) = \text{Min}_{i \neq k} C_i(x) \text{ и } D'(y) = \text{Min}_{i \neq g} C_i(y)$$

Если  $D'(x) > D'(y)$ , то  $x$  лучше, чем  $y$ , или наоборот, если  $D'(x) < D'(y)$ . В случае наличия дополнительных связей типа  $D'(x) = D'(y)$  предыдущую процедуру можно повторять до тех пор, пока не будет найдено решение или не будут исчерпаны все критерии.

Такая модель отбора возможных решений объединяет сильные стороны описанных выше алгоритмов работы с данными и создает универсальную систему для подбора решений, которая при должном обучении позволяет увеличить эффективность подбора решений [8].

Причем предложенная модель может применяться практически на всех этапах жизненного цикла объекта недвижимости:

Первый этап жизненного цикла – подготовительный. На этом этапе СППР может предложить варианты для решения по местоположению будущего строительства, основываясь на введенных нечетких данных о инфраструктуре района, благосостояния жителей. Также можно применить данную систему при выборе конструктивно-планировочного решения, которая позволит создать наиболее востребованный на рынке объект недвижимости.

Второй этап жизненного цикла – строительство. В нем имеются такие задачи как: поддержка следованию срокам проектирования и строительства, выбор эффективной рекламной компании и так далее.

Третий этап жизненного цикла – эксплуатация. Здесь можно реализовать поддержку принятия решений по состоянию объекта, а именно выбор мероприятий по ремонту или переоборудованию, смене объемно-планировочного решения для предоставления наиболее востребованных типов помещений, анализ доходов от аренды и проработка вариантов оптимизации их.

Четвертый этап – утилизация, где ключевым вопросом является принятие решения о выводе из эксплуатации объекта недвижимости, с определением сценария последующего использования территории.

#### **Заключение**

Представленная теоретическая модель имеет универсальное применение при решении слабоструктурированных и не структурированных задач, которые имеются на этапах жизненного цикла объекта недвижимости.

Основным недостатком использования СППР в строительной отрасли является риск необъективной оценки ситуации, которой обусловлен возможной недостоверностью экспертных мнений. Однако, описанная выше модель позволяет избежать данной проблемы за счет наработки опыта принятия решений за счет сохранения генетической памяти классификаторов.

Таким образом, данная тематика имеет значительный потенциал для дальнейшего изучения и применения в менеджменте. Так как позволит ускорить процесс принятия решений с учетом объективной оценки ситуации и минимизирует риск появления ошибок при принятии решений.

#### **Список литературы:**

1. Николаев, А. А. Технология автоматизации управления недвижимостью / А. А. Николаев, А. С. Радионов // Техноконгресс : сборник статей LXVI Международной научной конференции, Кемерово, 23 августа 2021 года. – Кемерово: Издательский дом "Плутон", 2021. – С. 3-5.
2. Самцова, В. В. Системы автоматизации управления инфраструктурой недвижимости / В. В. Самцова // Информационные технологии и технологии коммуникации: современные достижения: Вторая международная молодежная конференция: материалы, Астрахань, 11-14 сентября 2018 года. – Астрахань: Астраханский государственный технический университет, 2018. – С. 44.
3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2017614825 Российская Федерация. Облачная система автоматизации управления и эксплуатации недвижимости "Один": № 2017611147 : заявл. 01.02.2017 : опубли.

27.04.2017 / Д. Д. Иванов, Е. Д. Иванова; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «ОДИН».

4. Минаков, В. Ф. Адаптивное управление недвижимостью средствами автоматизации / В. Ф. Минаков, Н. В. Солдатова, А. В. Семенов // Информатика: проблемы, методология, технологии : материалы XVIII Международной научно-методической конференции : в 7 т., Воронеж, 08–09 февраля 2018 года / Воронежский государственный университет. – Воронеж: Общество с ограниченной ответственностью "Вэлборн", 2018. – С. 54-58.
5. Попов, А. А. Объектно-ориентированный анализ предметной области "управление многоквартирными домами" на основе зарубежного опыта автоматизации управления недвижимостью / А. А. Попов, Т. А. Винтова // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 2. – С. 74-82.
6. Соловьева, Н. С. Управление жизненным циклом объекта недвижимости. Автоматизация процесса / Н. С. Соловьева, В. В. Соколова // Ползуновский альманах. – 2016. – № 1. – С. 195-198.
7. Селетков, С. Г. Термины в тексте диссертации / С. Г. Селетков // Исследование различных направлений развития психологии и педагогики : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Самара, 10 января 2016 года / Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. – Самара: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2016. – С. 62-64.
8. Селетков, С. Г. Принципы методологической выдержанности диссертации / С. Г. Селетков // Исследование различных направлений развития психологии и педагогики : Сборник статей Международной научно-практической конференции, Самара, 10 января 2016 года / Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. – Самара: Общество с ограниченной ответственностью "ОМЕГА САЙНС", 2016. – С. 64-66.

#### References:

1. Nikolaev, A. A. Real estate management automation technology / A. A. Nikolaev, A. S. Radionov // Technocongress: collection of articles of the LXVI International Scientific Conference, Kemerovo, August 23, 2021. - Kemerovo: Pluton Publishing House, 2021. - P. 3-5.
2. Samtsova, V. V. Automation systems for real estate infrastructure management / V. V. Samtsova // Information technologies and communication technologies: modern achievements: Second international youth conference: materials, Astrakhan, September 11–14, 2018. - Astrakhan: Astrakhan State Technical University, 2018. - P. 44.
3. Certificate of state registration of the computer program No. 2017614825 Russian Federation. Cloud system for automation of management and operation of real estate "Odin" : No. 2017611147 : Appl. 02/01/2017 : publ. April 27, 2017 / D. D. Ivanov, E. D. Ivanova; applicant Limited Liability Company "ODIN".
4. Minakov, V. F. Adaptive real estate management by means of automation / V. F. Minakov, N. V. Soldatova, A. V. Semenov // Informatics: problems, methodology, technologies: materials of the XVIII International Scientific and Methodological Conference: in 7 vol.,

Voronezh, February 08–09, 2018 / Voronezh State University. - Voronezh: Limited Liability Company "Velborn", 2018. - P. 54-58.

5. Popov, A. A., Vintova, T. A. Object-oriented analysis of the subject area "management of multi-apartment buildings" based on foreign experience in real estate management automation // Modern science-intensive technologies. - 2018. - No. 2. - S. 74-82.
6. Solovieva, N. S. Management of the life cycle of a real estate object. Process automation / N. S. Solovieva, V. V. Sokolova // Polzunovskiy almanakh. - 2016. - No. 1. - P. 195-198.
7. Seletkov, S. G. Terms in the dissertation text / S. G. Seletkov // Study of various directions in the development of psychology and pedagogy: Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Samara, January 10, 2016 / Managing editor: Sukiasyan Asatur Albertovich. - Samara: Limited Liability Company "OMEGA SCIENCE", 2016. - P. 62-64.
8. Seletkov, S. G. Principles of methodological consistency of the dissertation / S. G. Seletkov // Research of various directions in the development of psychology and pedagogy: Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference, Samara, January 10, 2016 / Managing editor: Sukiasyan Asatur Albertovich. - Samara: Limited Liability Company "OMEGA SCIENCE", 2016. - P. 64-66.