

УДК 004.89; 004.942

Моделирование процессов оценки качества инженерной инфраструктуры городского района с использованием нейро-нечетких сетей

В.А. Мыльников¹, В.В. Бут²

¹ ФГАОУВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

² ЗФ ПАО ГМК «Норильский никель» Медный завод, г. Норильск, Российская Федерация
E-mail: va.mylnikov@yandex.ru; but-vladislav@rambler.ru

Авторское резюме

Состояние вопроса: Для создания благоприятной и комфортной городской среды необходимы проведение рациональной жилищной политики, планирование и планировка будущей застройки города, формирование инженерной инфраструктуры и другие мероприятия, проводимые на основе мониторинга текущего и ретроспективного состояния объекта и оперативной оценки ситуации. Анализ существующих методов оценки качества городской среды проживания (обитания) человека, а также наиболее значимых подходов, ключевых особенностей и основных этапов осуществления оценки состояния городской системы (от выбора источников и сбора данных до математической обработки и интерпретации результатов), существующих методик оценки городской ситуации показал отсутствие сегментов контроля и корректировки тактического плана. В связи с этим необходима разработка собственной методики оценки качества инженерной инфраструктуры городского района, которая должна обладать свойствами открытости, самоадаптируемости и удовлетворять принципам гибкого масштабирования.

Материалы и методы: Для разработки модели принятия решений в области градостроительного планирования и управления с учетом оценки инженерной инфраструктуры использованы механизмы нейро-нечетких сетей.

Результаты: На основе полученных результатов первичного и вторичного анализов сформирована концептуальная модель методики комплексной оценки с учетом инженерной инфраструктуры городского района на базе механизма нейро-нечетких сетей. Описаны основные этапы разработки модели: композиция обобщенного состава критериев оценки и построение архитектуры нейро-нечеткой сети.

Выводы: Предлагаемая нейро-нечеткая модель позволяет разработать систему поддержки принятия решений в области планирования развития системы энергоснабжения городской территории.

Ключевые слова: система энергообеспечения, метод комплексной оценки, критерии оценки, качество городской среды, анализ больших данных, нечеткая свертка, нечеткий обратный вывод, нейро-нечеткие сети, система поддержки принятия решений.

Modeling of urban engineering infrastructure quality assessment processes using neural-fuzzy networks

V.A. Mylnikov¹, V.V. But²

¹ Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, St. Petersburg, Russian Federation

² MMC Norilsk Nickel JSC Polar Branch Copper Plants, Norilsk, Russian Federation

E-mail: va.mylnikov@yandex.ru; but-vladislav@rambler.ru

Abstract

Background: To create a favorable and comfortable urban environment, it is necessary to conduct a rational housing policy, to plan the city layout for the future development, to form engineering infrastructure and to take other measures based on monitoring the current and retrospective state of facilities and rapid assessment of the situation. We have analyzed the existing methods of urban living environment (human habitation) quality assessment, identified the most significant approaches, their key features and the main stages of assessing the state of an urban system: from selecting sources and collecting data to the mathematical processing and interpretation of the results. The analysis has shown the absence of control and adjustment segments of the tactical plan. All this makes it necessary to develop a new method of urban engineering infrastructure quality assessment that would be open, self-adapting and would satisfy the principles of flexible scaling.

Materials and methods: The model of making decisions in the field of urban planning and management was developed by using the mechanisms of neuro-fuzzy networks with an account for engineering infrastructure.

Results: According to the results of the primary and secondary analyzes, we have developed a conceptual model of the methodology for the integrated assessment of the engineering infrastructure of an urban area based on neuro-fuzzy networks. We have also described the main stages of the model development: selecting the general set of evaluation criteria and constructing the architecture of the neural-fuzzy network.

Conclusions: The proposed neural-fuzzy model allows us to develop a decision support system for planning the development of the urban power supply system.

Key words: power supply system, integrated assessment method, evaluation criteria, urban environment quality, large data analysis, fuzzy convolution, fuzzy return, neuro-fuzzy networks, decision support system.

DOI: 10.17588/2072-2672.2017.3.075-082

Введение. Развитие городов направлено на создание благоприятной и комфортной среды жизнедеятельности населения. Эта цель достигается путем проведения рациональной жилищной политики, осуществления градостроительной деятельности в области планирования и планировки будущей застройки города, формирования инженерной инфраструктуры и других мероприятий. Для эффективного и правильного принятия решений необходим мониторинг текущего и ретроспективного состояния качества системы инженерного обеспечения городской территории и оперативная оценка уровня развития социальной инфраструктуры города [1].

В настоящее время разработано большое количество методов оценки состояния городской среды, позволяющих с различной степенью точности получить качественную оценку как городской среды в целом, так и отдельных ее составляющих:

1. *Генеральный рейтинг привлекательности городской среды проживания (ГИПГ).* Разработан Российским союзом инженеров для Госстроя РФ в 2012 г.¹ по поручению Председателя Правительства РФ от 20 марта 2012 г. № ВП-П9-1581 в целях формирования общей картины, отражающей относительный уровень развития городов.

2. *Методический подход – интегральная оценка качества городской среды (ИКГС)* [2]. Существующие подходы оцениваются как односторонние и направленные на оценку уровня и качества жизни непосредственно населения без учета городской среды и комфортности жизнедеятельности, что послужило ключевой причиной разработки нового методического подхода, в рамках которого был выведен интегральный показатель (ИКГС – интегральный показатель городской среды), отражающий взаимосвязь уровней иерархии социально-экономического пространства города. Последнее представляется в виде пирамиды потребностей, содержащей следующие элементы: жилищные условия, городское благоустройство, состояние окружающей среды, культурно-духовное пространство, досуговые и общественные пространства, транспортная инфраструктура и состояние дорожного хозяйства, плотность экономического использования территории и пространство бытового обслуживания населения, общественная безопасность. Превалирующей концепцией метода является межуровневая взаимопроницаемость разнородных процессов, происходящих в городской среде.

3. *Интегральный рейтинг института «Урбаника».* Внутреннее содержание большинства существующих методик прямой или косвенной оценки городской среды отсутствует в открытом доступе. Но результаты некоторых

из них публикуются для общественности и заинтересованных лиц на специальных ресурсах. Одной из таких методик является интегральный рейтинг², разработанный в 2011 г. институтом территориального планирования «Урбаника» (г. Санкт-Петербург) при поддержке Союза архитекторов России.

4. *Рейтинг качества жилой среды Besthousing.* Исследовательский проект по комплексной оценке качества жилой среды города Санкт-Петербурга³ был разработан по заказу Общероссийского общественного движения «Народный фронт “ЗА РОССИЮ”» в целях проведения мониторинга реализации указов и поручений Президента РФ В.В. Путина. Разработанная методика является косвенным средством комплексной оценки городской территории. Главной целью подхода является формирование представления об уровне комфортности жилой среды города Санкт-Петербург. Объектами анализа выступают жилые комплексы, расположенные внутри городской черты и в непосредственной близости к ней. В качестве результата предлагается группировка объектов по группам оценки качества жилой среды относительно средних показателей по городу: *высокая, выше среднего, средняя, ниже среднего, низкая, неудовлетворительная.*

Анализ методик с точки зрения использования в планировании. Планирование является одним из главных элементов управления во множестве сфер деятельности. В зависимости от масштаба рассмотрения, уровни городского планирования имеют различные источники формирования, цели и направления деятельности [3, 4]. Выбор масштаба анализа городского планирования продиктован сферой применения рассматриваемых методик оценки состояния среды проживания и определяется на уровне муниципального образования/города/городского округа.

Разделяя процессы по времени и цели, выделяют три основных уровня планирования: оперативный, тактический и стратегический.

Результаты анализа. На основе анализа групп показателей оценки городской ситуации (табл. 1) можно сделать вывод о том, что сегмент контроля и корректировки тактического плана не представлен ни в одной из методик.

В ключе стратегического и оперативного планирования наиболее комплексную картину позволяют представить методики ГИПГ и ИКГС. Методики «Урбаника» и *BestHousing* имеют несколько иной характер оценки, в связи с этим для объективного сравнения их показатели были приведены к обобщенному виду, в котором их можно применить в рамках городского управления.

² Рейтинг качества жилой среды института «Урбаника» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://urbanica.spb.ru/research/ratings/>.

³ Рейтинг качества жилой среды Санкт-Петербургской агломерации университета ИТМО, 2014 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: – <http://besthousing.ru/methodology.html>.

¹ Приказ Минрегиона России от 09.09.2013 № 371 «Об утверждении методики оценки качества городской среды проживания». – 62 с.

Таблица 1. Результаты анализа методик оценки качества городской среды проживания

Методика	Ключевые особенности	Планирование		
		стратегическое	тактическое	оперативное
ГИПГ	Квалиметрический подход количественной оценки качества	13 укрупненных индексов	Отсутствует слой обобщения индикаторов	41 показатель, выраженный в нормированном числовом виде
ИКГС		9 укрупненных индексов		52 показателя, выраженных в числовом виде
«Урбаника»	Городская среда как «товар»/ «услуга», потребляемая в ходе жизнедеятельности	2 показателя: <i>качество городской среды;</i> <i>стоимость жизни</i>		25 индикаторов
BestHousing	Кросс-масштабный подход	Не может участвовать в данном виде планирования		8 показателей, применимых в общем виде для оценки городской ситуации

Работа с критериями. Задача по оценке энергообеспечения городского района относится к области многомерного анализа больших данных [5], ключевой особенностью которой является механизм манипуляции с набором критериев, куда входят следующие этапы:

1. *Подготовка (отбор) критериев.* Является важнейшим шагом при решении задач многомерного характера.

2. *Формирование весов (относительной важности) критериев.* Отражает вклад в результирующий индекс каждого из показателей, для наиболее адекватной оценки относительной важности критериев используется метод экспертного опроса с последующей математической обработкой результатов.

3. *Формирование шкал критериев.* Требуется для обеспечения сравнимости различных по характеру и качественной принадлежности показателей.

4. *Операции по введению новых критериев и удалению незначимых.* Является необходимым этапом в силу динамики и постоянного развития изучаемой системы. Невозможно использовать в оперативном режиме, перестройка шкал потребует финансовых издержек и значительной временной задержки (от 1 до 3–5 месяцев).

5. *Свертка критериев.* Большинство методов базируется на понятии функции полезности лица, принимающего решения (ЛПР).

Результаты анализа методов оценки качества инженерной инфраструктуры городского района представлены в табл. 2. В ней отражена сводная ключевая информация рассматриваемых методик.

Методы исследования. На основе полученных данных принято решение о разработке собственной методики оценки системы энергообеспечения городского района, которая должна обладать свойствами открытости, самоадаптируемости и удовлетворять принципам гибкого масштабирования.

В качестве ядра системы предлагается использовать механизм нейро-нечетких сетей. Данный подход позволит повысить эффективность оценки в условиях неопределенности и неполноты информации, возникающих вследствие высокой степени распределенности городской системы. Главной особенностью подхода является возможность поддержки принятия решений по вопросам планирования развития инженерных сетей на территории, а также осуществление контроля исполнения поставленных планов путем применения механизма обратного логического вывода. Последний обеспечит оптимальный выбор направления приложения «усилий» и распределения ресурсов на основе выбранной стратегии развития.

В общем виде задача по разработке методики оценки качества инженерной инфраструктуры заключается в двух основных этапах.

Этап 1. Композиция критериев. В ходе анализа состава критериев представленных методик были определены общие направления и тенденции, характеризующие развитие системы энергообеспечения города, а также отражающие основные процессы ее функционирования как системного образования.

Процесс композиции критериев позволил более детально выявить направленность оценки каждой из методик. Это повлияло на выбор критериев для итогового набора, который содержит в себе совокупности показателей, отражающих наиболее сильные стороны каждого из подходов оценки. Таким образом, основной каркас и фундаментальную основу составили критерии, находящиеся на пересечении всех четырех моделей.

В результате оценки городского района по нескольким параметрам (качество энергетического обеспечения, транспортной доступности, инженерных сетей и др.) формируется общий критерий оценки городской инфраструктуры.

Таблица 2. Результаты анализа методик оценки качества городской среды проживания

Методика	Работа с критериями				
	Подготовка (выбор)	Формирование весов	Формирование и перестройка шкал	Ввод/удаление критериев	Свертка
ГИПГ	Функционально-типологический анализ	$W_p = \frac{\sum_{\varepsilon=1}^Y W_{\varepsilon p}}{Y}$ <p>Y – количество экспертов $W_{\varepsilon p}$ – оценка ε-ого эксперта p-ого критерия</p>	$K_i = \frac{Q_i - Q^{\min}}{Q^{\max} - Q^{\min}}$ <p>K_i – безразмерный индекс Q_i – значение индикатора Q^{\min} – минимальное значение индикатора Q^{\max} – максимальное значение индикатора</p>	Закрытая система	<p>Метод взвешенных сумм с точечным оцениванием весов</p> $U = \sum_{i=1}^N W_i X_i$ <p>W_i – вес критерия i X_i – оценка альтернативы</p>
ИКГС	Иерархический подход, отражающий взаимопроницаемость сфер жизнедеятельности		Интерполяция диапазона баллов на диапазон значений индикатора		
«Урбаника»	Использование доступной информации из открытых источников		Сопоставление определенного количества баллов и конкретного состояния индикатора	$\sum_{i=1}^N W_i = 1$	
BestHousing	Кросс-масштабный подход				

Полученная структура обобщенного критериального состава (рис. 1) предполагает явное разделение на четыре уровня оценки. Верхний уровень представляет собой конечную цель в виде отражения комплексного состояния городской среды; второй – сферы жизнедеятельности населения, одновременно выступающие структурными элементами городской системы; третий уровень – основные направления, характеризующие качество определенной сферы; четвертый уровень – совокупность индикаторов, позволяющих оценить объекты элементов городской системы, каждый из которых может одновременно характеризовать разнородные направления и сферы. Таким образом, путем композиции и обобщения критериев был выделен дополнительный уровень оценки, относительно первоначальных наборов, который позволит сформировать слой тактического планирования в процессе городского управления.

Этап 2. Построение нейро-нечеткой модели. Как уже упоминалось выше, в качестве ядра системы оценки качества городской среды выступает нейро-нечеткая система. В

сравнении с традиционными методами математического анализа и моделирования, такие системы имеют ряд преимуществ при работе в условиях неопределенности. Последнее является неизбежным фактором, сопровождающим анализ городской среды.

Данный подход позволит обеспечить адекватный анализ исходных данных благодаря динамической перестройке векторов значимости критериев, осуществляемой механизмом адаптивного обучения нейро-нечеткой сети. Таким образом, модель в каждый момент времени будет максимально полно соответствовать действительности и отражать качественное состояние инженерной инфраструктуры.

В качестве базы знаний предлагается использовать набор правил продукционного типа. Источником экспертного мнения для её формирования должны выступать специалисты в области градостроительного планирования и управления как участники целевой области применения данной системы, а также специалисты по отраслям различных сфер жизнедеятельности (рис. 1).

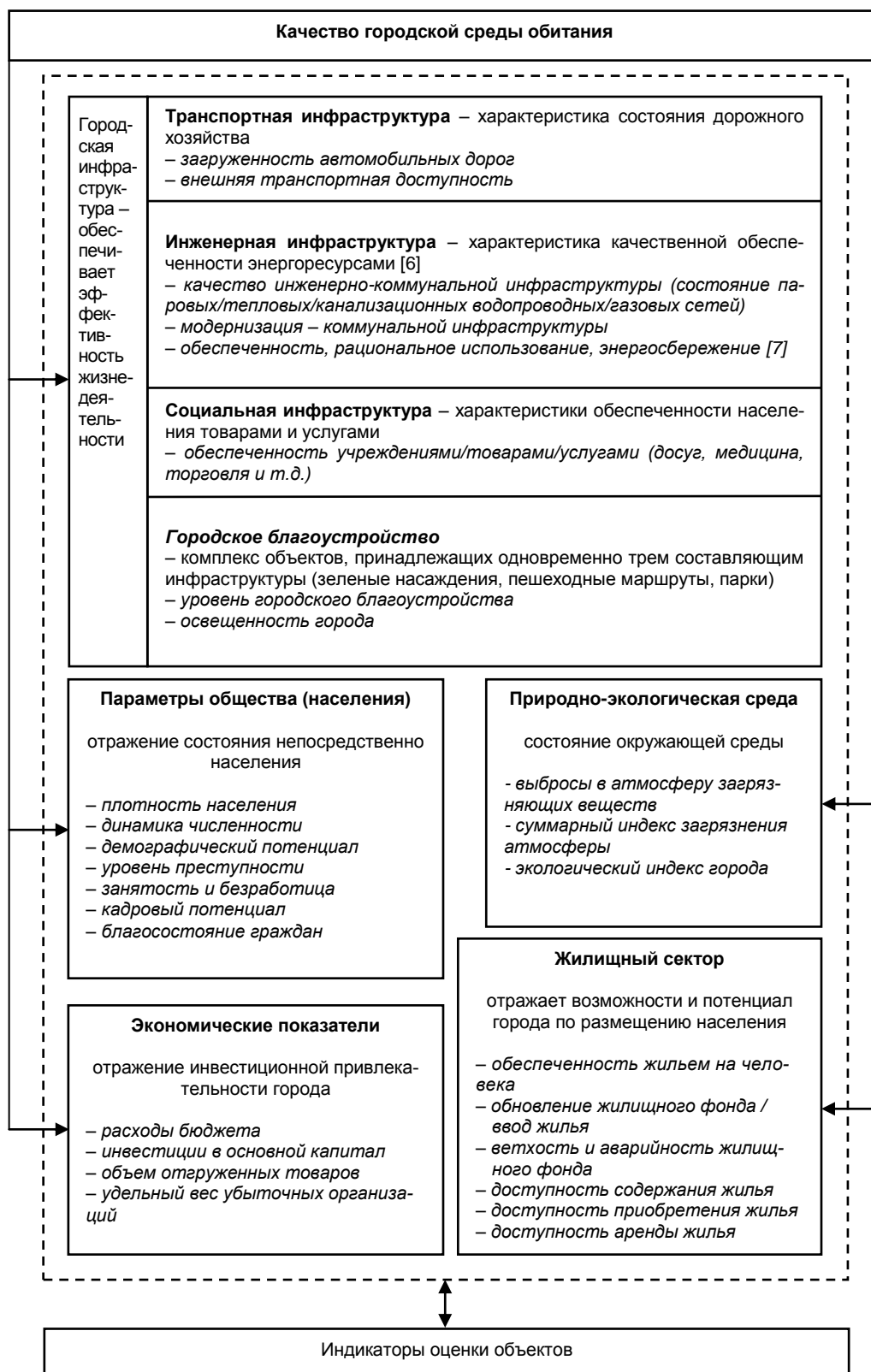


Рис. 1. Композиция критериев

Адекватное обобщение оперативных показателей и их соподчинение нормативным стратегическим критериям является актуальным и исследуется в целях формирования целостной методики по оценке качества городской среды.

С применением нейро-нечеткого механизма становится возможным использовать методы нечеткой свертки для индикаторов. Выявленные на предыдущем этапе тактические показатели агрегируются мягко на основе оперативных показателей, что означает, что

конкретный оперативный индикатор будет фигурировать в мягких свертках различных тактических показателей с заданной степенью принадлежности:

$$T_j = \sum_{i=1}^n V_i \cdot Q_i, \quad j = \{1, m\}, \quad (1)$$

$O_i \in T_j, T_{j+p}$, где $T_j \cap T_{j+p} \neq \emptyset$;

$$C_l = \sum_{j=1}^m W_l \cdot T_j, \quad l = \{1, k\}, \quad (2)$$

$$K = \sum_{l=1}^k Q_l \cdot C_l. \quad (3)$$

Концептуальная модель архитектуры адаптивной нейро-нечеткой сети представлена на рис. 2.

Каждый из выделенных слоев соответствует определенному уровню состава критериев (рис. 1). Первый слой критериев-индикаторов представляет собой набор количественных и качественных показателей оценки объектов, группирование которых осуществляется нечетко. Второй слой отражает качественные характеристики основных направлений функциональных сфер, которые посредством нечеткой агрегации переходят в них. Полученный слой функциональных сфер городской системы представляет собой совокупность укрупненных критериев оценки и с учетом заданного вектора развития формирует комплексное заключение о качестве инженер-

ной инфраструктуры городской среды. Лицо, принимающее решение, является одновременно потребителем результатов работы системы и управляющим элементом, задавая требуемые параметры системы.

Полученная модель системы оценки качества инженерной инфраструктуры городской среды обеспечит оперативный анализ исходных данных. На основе применяемой базы знаний сформированные результаты будут иметь максимально объективный и не противоречивый характер. В совокупности это позволит применить разработанный метод в качестве системы поддержки принятия решений по вопросам градостроительного планирования и управления.

Результаты. В качестве примера приведем результаты расчета привлекательности для проживания одного из жилищных комплексов (ЖК) г. Санкт-Петербурга по рассматриваемым методикам (табл. 3). Так как некоторые методики открыты, расчеты по ним были выполнены самостоятельно, остальные методики представлены соответствующими сервисами на web-сайтах. Поскольку в контексте данного исследования важна динамика состава и весов исследуемых показателей, которая, несомненно, влияет на результат оценки, расчеты были выполнены с разницей в 2,5 года на два отчетных момента времени: 30 июля 2014 г. и 30 января 2017 г.

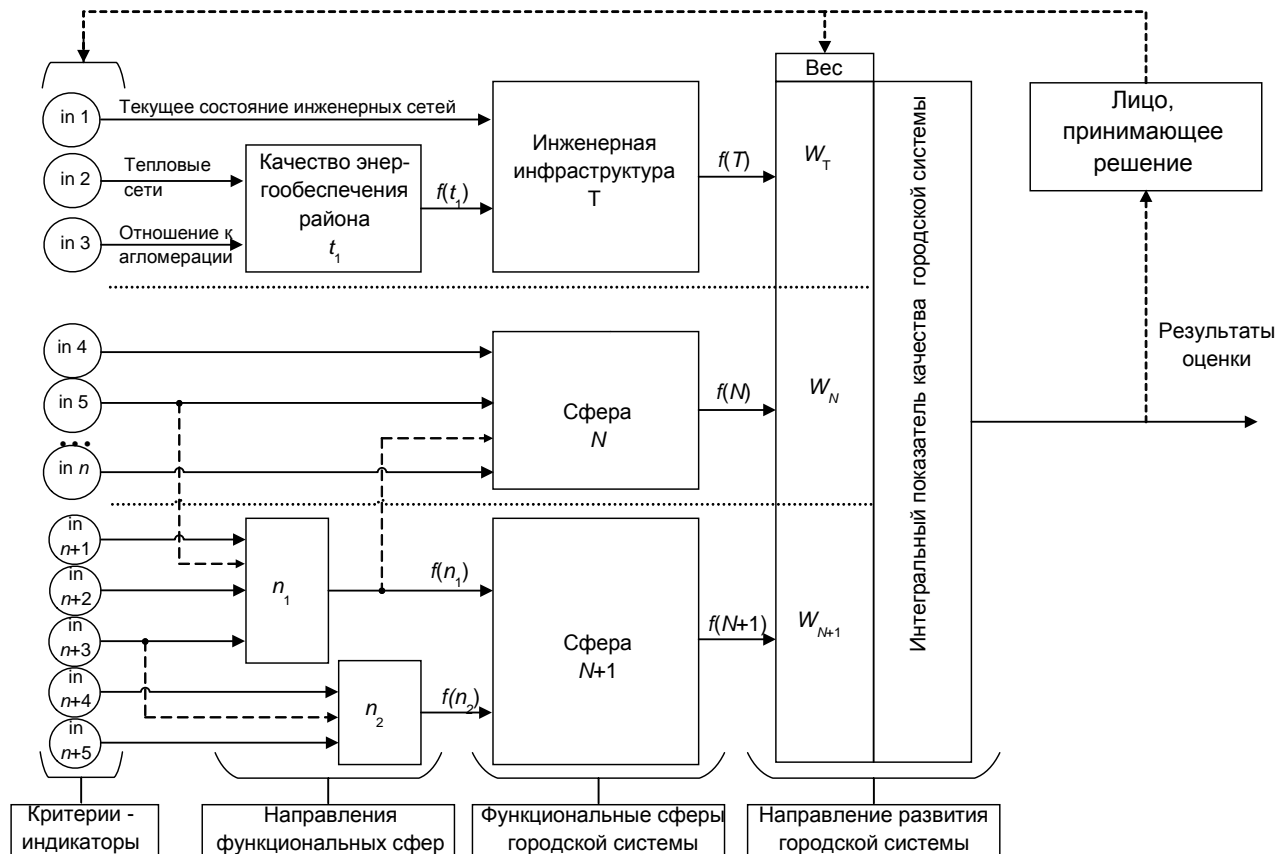


Рис. 2. Модель нейро-нечеткого механизма поддержки принятия решений

Таблица 3. Результаты оценки привлекательности ЖК по различным методикам

Методика	Результат расчета						Среднее отклонение по модулю, %
	30.07.2014			30.01.2017			
	Интегральный показатель, о.е.	Цена за 1 м ² , тыс. руб.	Отклонение от рыночной цены, %	Интегральный показатель, о.е.	Цена за 1 м ² , тыс. руб.	Отклонение от рыночной цены, %	
ГИПГ	44,31	72,69	-3,24	52,02	85,34	-7,29	5,27
ИКГС	0,652	96,12	27,95	0,726	107,03	16,27	22,11
«Урбаника»	61,6	93,737	24,77	63,2	96,17	4,48	14,63
BestHousing	101,13	76,43	1,74	101,13	76,43	-16,97	9,35
Собственная методика	82,3	74,55	-0,77	96,3	87,23	-5,23	3,00
Рыночная цена	–	75,125	0,00	–	92,049	0,00	0

По результатам расчетов можно сделать вывод о достаточно высокой точности авторской методики определения привлекательности среды обитания, что объясняется использованием механизмов нейро-нечетких сетей и гибкой настройкой весов критериев в зависимости от изменяющейся конъюнктуры рынка.

Выводы. С учетом особенностей городской системы и ключевых характеристик основных подходов к оценке качества инженерной инфраструктуры городской среды сформулирован ряд основных требований к обобщенной модели методики комплексной оценки. Относительно выдвинутых критериев произведен анализ представленных методик, в результате которого определены сильные и слабые стороны существующих решений.

Основываясь на полученных результатах, разработана модель методики комплексной оценки состояния инженерных сетей городского района на базе механизма нейро-нечетких сетей. Данный подход позволил объединить в единой системе сильные стороны используемых в настоящее время методик с адаптационными свойствами нейро-нечетких сетей. Это разрешит проблему статичности анализа путем динамической перестройки шкал критериев, их относительной важности и требуемого состава в данный момент времени. Результаты работы такой системы будут отвечать требованиям высокой степени объективности и адекватности, что позволит использовать модель в качестве системы поддержки принятия решений по вопросам планирования развития городской территории.

Список литературы

1. Беднякова А.В., Бут В.В., Фомичева С.Г. Мониторинг уровня развития социальной инфраструктуры города // Научный потенциал НПР XXI век: сб. науч. статей / Норильский индустриальный институт. – Норильск: НИИ, 2014. – С. 119–124.
2. Катаева Ю.В., Лапин А.В. Формирование методического подхода к интегральной оценке качества городской среды // Вестник Пермского университета. Сер. Экономика. – 2014. – № 2. – С. 31–39.
3. Мурзин А.Д. Комплексная оценка урбанизированных территорий: экономический, экологический и социальный аспект. – Саарбрюккен: Изд-во ЛАМБЕРТ, 2012. – 80 с.

4. Трухачев Ю.Н. Общая теория градостроительных систем (методологическая концепция). – Ростов н/Д.: Рос. гос. акад. архитектуры и искусства, 2006. – 120 с.

5. Моделирование редуцированных баз данных при интеграции инвестиционных проектов в энергетике / Н.Н. Елин, С.Г. Фомичева, Т.Н. Елина, В.А. Мыльников // Вестник ИГЭУ. – 2016. – Вып. 1. – С. 63–68.

6. Техно-экономическое обоснование выбора вариантов эксплуатации теплоизолированных водоводов при наземной прокладке в условиях Крайнего Севера / В.Е. Мизонов, Н.Н. Елин, В.А. Мыльников, Т.Н. Елина // Промышленная энергетика. – 2014. – № 5. – С. 38–42.

7. Моделирование теплового состояния поперечного сечения трубопровода при промерзании теплоизоляции / В.Е. Мизонов, Н.Н. Елин, А.В. Попельшко, В.А. Мыльников // Вестник ИГЭУ. – 2013. – Вып. 2. – С. 67–70.

References

1. Bednyakova, A.V., But, V.V., Fomicheva, S.G. Monitoring the level of urban social infrastructure development [Monitoring the level of urban social infrastructure development]. *Sbornik nauchnykh statey «Nauchnyy potentsial NPR XXI vek»* [A collection of scientific papers «Scientific Potential of Scientific and Teaching Staff. XXI century»]. Noril'sk, NII, 2014, pp. 119–124.
2. Katayeva, Yu.V., Lapin, A.V. Formirovanie metodicheskogo podkhoda k integral'noy otsenke kachestva gorodskoy sredy [Developing a methodological approach to integral estimation of urban environment quality]. *Vestnik Permskogo universiteta. Seriya: Ekonomika*, 2014, no. 2, pp. 31–39.
3. Murzin, A.D. *Kompleksnaya otsenka urbanizirovannykh territoriy: ekonomicheskiy, ekologicheskiy i sotsial'nyy aspekt* [Complex estimation of urbanized territories: economic, ecological and social aspects]. Saarbrücken, Izdatel'stvo LAMBERT, 2012. 80 p.
4. Trukhachev, Yu.N. *Obshchaya teoriya gradostroitel'nykh sistem (metodologicheskaya kontseptsiya)* [General theory of city planning (methodological concept)]. Rostov na Donu, Rossiyskaya gosudarstvennaya akademiya arkhitektury i iskusstva, 2006. 120 p.
5. Elin, N.N., Fomicheva, S.G., Elina, T.N., Mylnikov, V.A. Modelirovanie redutsirovannykh baz dannykh pri integratsii investitsionnykh proektov v energetike [Modelling of reduced databases when integrating investment projects in power industry]. *Vestnik IGEU*, 2016, issue 1, pp. 63–68.
6. Mizonov, V.E., Elin, N.N., Mylnikov, V.A., Elina, T.N. Tekhniko-ekonomicheskoe obosnovanie vybora variantov ekspluatatsii teploizolirovannykh vodovodov pri nazemnoy prokladke v usloviyakh Kraynego Severa [Feasibility study for selecting operation variants of heat-insulated above-ground water pipelines in Extreme North conditions]. *Promyshlennaya energetika*, 2014, no. 5, pp. 38–42.
7. Mizonov, V.E., Elin, N.N., Popelyshko, A.V., Mylnikov, V.A. Modelirovanie teplovogo sostoyaniya poperechnogo secheniya truboprovoda pri promerzaniy teploizolyatsii [Modelling of the heat state of pipeline cross-section at frost penetration into heat insulation]. *Vestnik IGEU*, 2013, issue 2, pp. 67–70.

Мыльников Владимир Аркадьевич,
ФГАОУВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения»,
кандидат технических наук, доцент 54 кафедры,
e-mail: va.mylnikov@yandex.ru
Mylnikov Vladimir Arkadyevich,
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation,
Candidate of Engineering Sciences (PhD), Associate Professor of Department 54,
e-mail: va.mylnikov@yandex.ru

Бут Владислав Владимирович,
ЗФ ПАО ГМК «Норильский никель» Медный завод,
инженер-программист I категории, аспирант,
e-mail: but-vladislav@rambler.ru
But Vladislav Vladimirovich,
MMC Norilsk Nickel JSC Polar Branch Copper Plant,
1st grade Engineer-Programmer, Post-graduate Student,
e-mail: but-vladislav@rambler.ru